

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

“СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ”

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

Математическое моделирование металлургических процессов

Ретроспективный
библиографический указатель
(2003– 2006 гг.)

**Новокузнецк
2007**

УДК 519.87 : 669.1
М 340

Математическое моделирование металлургических процессов : ретроспективный библиографический указатель / сост. Л. В. Крылова ; СибГИУ. – Новокузнецк, 2007. – 82 с.

Цель ретроспективного указателя – ознакомить научных и производственных работников, преподавателей и студентов с литературой о методах математического моделирования в металлургических процессах.

Данный указатель является продолжением указателя, выпущенного в 2004 году.

Указатель охватывает отечественные и зарубежные публикации за 2003 – 2006 гг. В нем отражены книги, статьи из периодических и продолжающихся изданий, патенты.

Описания документов снабжены ссылками на РЖ. База, использованная для составления указателя, представлена в виде списка просмотренных источников.

Материал расположен по разделам. Внутри разделов материал располагается в алфавите авторов и названий.

УДК 519.87 : 669.1

© ГОУ ВПО «Сибирский государственный
индустриальный университет», 2007.

© Крылова Л. В., 2007.

Содержание

1. Общие вопросы.....	4
2. Подготовка сырьевых материалов.....	10
3. Производство ферросплавов.....	15
4. Прямое получение железа.....	17
5. Доменное производство.....	18
6. Конвертерное производство.....	29
7. Электросталеплавильное производство.....	37
8. Внепечная обработка.....	47
9. Разливка стали.....	53
10. Непрерывная разливка стали.....	55
11. Нагрев металла.....	75
Список просмотренных источников.....	82

1. Общие вопросы

1. **Абрамович Т.М.** Математические модели физических процессов : сб. науч. тр. 9 Междунар. конф., Таганрог, 27-28 июня, 2003 / Т.М. Абрамович. — Таганрог : Изд-во Таганрог. гос. пед. ин-та, 2003. — 212 с. — РЖ Metallургия, 05.01-15Б.141К.

В сборник включены материалы докладов, представленных на 9-ю Международную конференцию "Математические модели физических процессов". Круг обсуждаемых проблем в части I относится в значительной мере к математическим моделям различных физических и технологических процессов (36 докладов): в части II - к моделям обучения.

2. **Бердников В.И.** Численные методы интегрирования уравнения Гиббса-Дюгема / В.И. Бердников, Ю.А. Гудим, М.И. Картелева // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 5. - С. 11-15.

3. **Влияние диффузии** на теплофизические процессы кристаллизации сплавов. I. Компьютерное моделирование термического и дифференциально-термического анализов / А.А. Романов [и др.] // Расплавы. - 2004. - № 1. - С. 3-13.

4. **Гельчинский Б.Р.** Современные тенденции в методах компьютерного моделирования жидких металлов / Б.Р. Гельчинский, А.А. Мирзоев, Г.П. Вяткин // Расплавы. - 2004. - № 6. - С. 51-62.

Обсуждена роль компьютерного моделирования в физическом материаловедении. Рассмотрены основы квантовой теории конденсированных сред. Основное внимание уделено особенностям первопринципной молекулярной динамики. Обсуждены основные программные пакеты, используемые для моделирования. Дан краткий обзор применения компьютерного моделирования для исследования структуры жидких металлов и различных процессов в них.

5. **Гультяй И.И.** Применение ихт-модели для описания термодинамических свойств бинарных металлических расплавов / И.И. Гультяй, М.М. Леманев // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 1. - С. 7-12.

6. **Девятов Д.Х.** К составлению математической модели взаимодействия газовой струи с ванной металлургического агрегата барботажного типа / Д.Х. Девятов, А.Л. Иовик, О.А. Иовик // Автоматизация технол. и произв. процессов в металлургии : межвуз. сб. науч. тр. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2004. - С. 60-64. - РЖ Metallургия, 05.06-15Б.

7. **Евстигнеев В.Л.** Математическая модель производства вторичных энергоресурсов на металлургическом комбинате / В.Л. Евстигнеев, А.А. Сухих // Автоматизация технол. и произв. процессов в металлургии : межвуз. сб. науч. тр. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2004. - С. 73-76. - РЖ Metallургия, 05.06-15Б.4.

8. **Калашников С.Н.** Численно-аналитическое моделирование тепломассообменных процессов в металлургических агрегатах на основе разработки объектных приложений / С.Н. Калашников // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2002. - № 8. - С.46-50.

9. Колесникова Е.В. Математическое описание распределения серы между шлаком и металлом по экспериментальным данным / Е.В. Колесникова, Г.В. Кострова // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2003. - № 1. – С. 132-134. — РЖ Metallurgy, 03.10-15A.58.

10. Корреляционная поправка первого порядка в модели постоянной электронной плотности / И.Ф. Селянин [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2004. - № 2. - С. 3-7.

11. Лисиенко В.Г. Усовершенствование схемы процесса ЛП (легирование прямое стали ванадием) с использованием математической модели оценки его эффективности / В.Г. Лисиенко, Н.В. Соловьева, О.Г. Трофимова // Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии : тр. 2 Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию каф-ры "Информационные технологии в металлургии", Новокузнецк, 14-17 марта, 2006. - Новокузнецк : Изд-во Сиб ГИУ, 2006. - С. 201-204. - РЖ Metallurgy, 07.01-15B.119.

Использование математической модели оценки эффективности процесса ЛП позволяет усовершенствовать данный процесс и синхронизировать работу трех составляющих его сложных агрегатов при условии безотходности производства.

12. Лозовая Е.Ю. Математическое моделирование процесса плавления ферросплавов в железоуглеродистом расплаве / Е.Ю. Лозовая, В.И. Жучков, О.Ю. Шешуков // Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии : тр. 2 Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию каф-ры "Информационные технологии в металлургии", Новокузнецк, 14-17 марта, 2006. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2006. - С. 77-85. - РЖ Metallurgy, 06.11-15A.72.

Методом математического моделирования рассчитано время плавления легкоплавких ферросплавов (ферроалюминия и силикокальция), вводимых в железоуглеродистый расплав. Изучены механизм плавления этих ферросплавов, влияние гранулометрического состава и температуры железоуглеродистого расплава на время их расплава.

13. Математическая модель нагрева (охлаждения) садки произвольной формы на основе метода конечных элементов / О.Г. Волкова [и др.] // Металлургическая теплотехника. – 2002. - № 7. – С. 21-24. - РЖ Metallurgy, 03.10-15B.24.

Разработана математическая модель нестационарного состояния садки, имеющей неправильную форму, на основе метода конечных элементов.

14. Математическое моделирование движения жидкости в цилиндрическом сосуде, возбуждаемого поршнем-вибратором / И.Э. Игнатьев [и др.] // Расплавы. - 2005. - № 6. - С. 3-11.

Представлены результаты моделирования процесса воздействия на жидкости упругими низкочастотными колебаниями. Рассмотрено три вида движения жидкости.

15. Математическое моделирование процесса кристаллизации металла в оболочке осесимметричной формы / А.И. Евстигнеев [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 9. - С. 41-45.

Разработана математическая модель, позволяющая спрогнозировать количество вторичных энергоресурсов, которые могут быть получены при производстве заданного количества конечной продукции, и решать задачи оптимального потребления энергии.

16. Математическое моделирование тепловой работы печи ПВП 2500 : материалы 2 Междунар. науч.-практ. конф. "Автоматизированные печные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии", Москва, 3-5 дек., 2002. - М. : Изд-во "Учеба" МИСиС, 2002. - С. 539-542. - РЖ Металлургия, 03.09-15Б.100.

Разработанная трехмерная математическая модель тепловой работы электропечи для термообработки титана и его сплавов позволяет рассчитывать тепловые балансы процесса нагрева и получать карты температурных полей печи садки в режиме реального времени.

17. Математическое моделирование электромагнитного перемешивания жидкометаллической ванны / В.И. Потапов [и др.] // Вестн. ЮрпГУ. Сер. Металлургия. - 2003. - № 2. - С. 40-42, 97, 98. - РЖ Металлургия, 04.09-15Б.10.

18. Меленев П.В. Двумерная модель массовой кристаллизации металлического расплава на основе модели фазового поля / П.В. Меленев, Н.Д. Няшина, П.В. Трусов // Расплавы. - 2006. - № 3. - С. 53-61.

Модель посвящена проблеме кристаллизации чистого металла. Для описания фазового перехода использована модель фазового поля. Анализируются уравнения, полученные для двухкомпонентного параметра порядка. Решен ряд задач моделирования затвердевающей структуры при различных температурных условиях.

19. Метод расчета процессов плавления кусковых материалов в жидкой ванне / В.И. Тимошпольский [и др.] // Тр. 3 Междунар. науч.-практ. конф. "Металлургическая теплотехника : история, современное состояние, будущее. К столетию со дня рождения М.А. Глинкова", Москва, 1-3 февр., 2006. - М. : Изд-во МИСиС, 2006. - С. 580-583. - РЖ Металлургия, 06.12-15Б.33.

Предложена нелинейная математическая модель расчета времени плавления и температурных полей в процессе расплавления металла с учетом нелинейности теплофизических свойств материала и переменности условий теплообмена, размера и плотности лома и т. д. Разработан алгоритм решения представленной математической модели с помощью "метода эквивалентных источников".

20. Методика качественного анализа неравновесной кристаллизации металлических расплавов по термическим кривым. I. Компьютерное моделирование неравновесного процесса кристаллизации сплавов типа твердых растворов / А.А. Романов [и др.] // Расплавы. - 2004. - № 2. - С. 3-14.

21. Методика количественного анализа неравновесной кристаллизации металлических расплавов по термическим кривым. II. Результаты моделирования термического анализа / А.А. Романов [и др.] // Расплавы. - 2004. - № 2. - С. 15-25.

22. Минаев Ю.А. Термодинамика поверхностных явлений в жидком металле на межфазных границах / Ю.А. Минаев // *Металлург.* - 2006. - № 4. - С. 47-51.

Показано, что математические методы термодинамики тонких пленок применимы для объяснения явления стабилизации пленок или слоев жидких металлов в процессе коагуляции НВ в расплавах или при выходе на межфазные границы "металл-газ" и "металл-шлак".

23. Недопекин Ф.В. Эжекция воздуха струей металла при переливах чугуна / Ф.В. Недопекин, В.В. Бодряга, В.А. Кравец // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* - 2006. - № 1. - С. 112-113.

Новизна модели заключается в учете толщины струи металла и неизотермичности процесса.

24. Охотский В.Б. Виртуальный тепло- и массоперенос в сталеплавильной ванне / В.Б. Охотский // *Изв. вузов. Чер. металлургия.* - 2004. - № 12. - С. 7-9.

Составлены модели расчета виртуальных тепло- и массопереноса в сталеплавильной ванне и шлаковой фазе.

25. Падерин С.Н. Термодинамическое моделирование окислительных процессов при обезуглероживании стали / С.Н. Падерин, П.С. Падерин, И.В. Падерин // *Изв. вузов. Чер. металлургия.* - 2003. - № 5. - С. 6-11.

26. Панферов В.И. Численное моделирование и настройка систем автоматического регулирования / В.И. Панферов // *Изв. вузов. Чер. металлургия.* - 2004. - № 8. - С. 41-44.

Разработан комплекс программ для численного моделирования и настройки систем автоматического регулирования, который значительно облегчает процедуру и повышает точность расчета и может быть использован при выполнении курсовых и дипломных проектов, а также для настроек промышленных систем автоматического регулирования.

27. Построение многозадачных вычислительных систем для математического моделирования металлургических процессов / В.Н. Селиванов [и др.] // *Черные металлы.* - 2004. - № 7. - С. 19-23.

28. Приходько А.А. Компьютерные технологии исследования тепло-массообмена в технологических процессах // А.А. Приходько // *Промышленная теплотехника.* – 2005. - № 4. – С. 55-63.

Рассмотрены наиболее характерные аспекты технологии математического моделирования на ЭВМ аэрогидродинамики и тепломассопереноса в технологических процессах.

28. Приходько О.Г. Математическое моделирование и натурное исследование процессов кристаллизации с целью получения качественных отливок : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / О.Г. Приходько; СибГИУ. – Новокузнецк, 2004. – 23 с. - РЖ Металлургия, 05.04-15Б.22Д.

Разработана математическая модель, учитывающая основные теплофизические параметры металла отливки и материала формы, условия теплообмена на фронте кристаллизации, позволяющая рассчитать коэффициент кристаллизации и время затвердевания.

29. Развитие математических методов явлений в металлургических агрегатах / А.Н. Дмитриев [и др.] // Физическая химия и технология в металлургии : тр. Региональн. науч. конф., посвящ. 50-летию Института металлургии УрО РАН, Екатеринбург, 2005. – Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2005. - С. 192-197. - РЖ Металлургия, 05.11-15Б.150.

30. Рыбенко И.А. Разработка средствами EXCEL системы расчета металлургических процессов / И.А. Рыбенко, С.П. Мочалов // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 2. - С. 55-58.

31. Саркисов П.Д. Математическое моделирование кристаллизации одно- и двухкомпонентных металлургических расплавов / П.Д. Саркисов, Ю.А. Байков, В.П. Мешалкин. — М. : Физматлит; Изд-во РХТУ, 2003. — 377 с. — Рус.; рез. англ. — РЖ Металлургия, 04.04-15А.67К.

В монографии представлены новые математические модели кинетики кристаллизации одно- и двухкомпонентных металлических расплавов в виде замкнутых систем многомерных обобщенных интегрально-вероятностных соотношений, связанных с плотностями вероятностей случайных процессов флуктуаций концентраций частиц твердого состояния в слоях переходной двухфазной зоны.

32. Селиванов В.Н. Математическая модель затвердевания стали в системе Fe – C – O – Mn – S – P / В.Н. Селиванов, Э.В. Дюльдина // Вестник МГТУ. - 2005. - № 1. - С. 17-22. - РЖ Металлургия, 05.12-15А.59.

33. Семенов И.А. Кинетика взаимодействия SiC-брикетов с железоуглеродистыми расплавами / И.А. Семенов, А.В. Жаданос, И.В. Деревянко // Металлургическая и горнорудная промышленность. - 2005. - № 6. - С. 25-28.

34. Симонов В.К. Однофронтальная математическая модель восстановления некоторых оксидов металлов углеродом в дисперсных системах / В.К. Симонов // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 5. - С. 3-6.

35. Фомин С.Я. Интеллектуализация автоматизированной системы управления качеством продукции на (примере металлургического производства) / С.Я. Фомин, Д.П. Самсонов // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 7. - С. 65-68. - РЖ Металлургия, 06.01-15В.4.

В работе изложена общая структура интегральной системы управления производством, разработаны модули и их взаимодействие, представлены основные функции каждого модуля. Также разработана математическая модель процесса формирования характеристик готовой продукции, основанная на использовании методов теории нечетких множеств и моделей искусственных нейронных сетей.

36. Харлашин П.С. Применение численных методов расчета на ЭВМ плотности и поверхностного натяжения жидких металлов и сплавов при высоких температурах / П.С. Харлашин, Т.А. Левицкая // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2006. - № 2. - С. 3-6.

Разработана новая методика расчета плотности и поверхностного натяжения расплавов. Аналитическое описание численного решения дифференциального уравнения Лапласа эмпирическими формулами ставит метод фотоэлектронной объемометрии в ряд наиболее перспективных.

37. Чертов А.Д. Применение систем искусственного интеллекта в металлургической промышленности / А.Д. Чертов // Металлург. - 2003. - № 7. - С. 32-38.

38. Шаврин С.В. Разработка алгоритма для определения температур шлака на основе диаграмм состояния 4-х компонентных шлаковых систем / С.В. Шаврин, Ю. А. Чесноков, И.Л. Беляев // Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии : тр. 2 Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию каф-ры "Информационные технологии в металлургии", Новокузнецк, 14-17 марта, 2006. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2006. - С. 213-214. - РЖ Металлургия, 06.11-15А.77.

В балансовую логико-статистическую модель включен блок расчета температур кристаллизации шлаков.

39. Шифрин В.М. Разработка управляющего критерия кислородной продувки высококремнистых расплавов в дуговых печах на основе термодинамических необратимых процессов / В.М. Шифрин, Э.В. Шифрин // Фундаментальные исследования физикохимии металлических расплавов : памяти академика А.М. Самарина. - М. : Академкнига, 2002. - С. 388-399. - РЖ Металлургия, 03.07-15А.68.

На базе уравнения скорости обезуглероживания М.Я. Меджибожского и В.И. Баптизманского получено интегральное выражение средней степени использования кислорода на обезуглероживание, являющееся функцией начального и конечного содержания углерода в металле. На основе положений термодинамики необратимых процессов разработано простое выражение средней степени использования кислорода и обезуглероживание, линейное связывающее эту величину со средним содержанием углерода в металле в интервале обезуглероживания.

40. Вдувание сверхзвуковой струи O_2 в жидкий чугун и поверхностная химия = Supersonic O_2 -jet impingement on liquid iron with surface chemistry / Nakazono Daisaki [et al.] // ISIJ International. - 2004. - 44, № 1. - С. 91-99. - РЖ Металлургия, 04.07-15Б.14. - Англ.

Разработана математическая модель для анализа поведения сверхзвуковой струи кислорода, подаваемой сверху на железоуглеродистый расплав и протекания поверхностных реакций. Модель включает уравнения Навье-Стокса и сохранения энергии, массы и момента.

41. Влияние скорости подачи оксида железа и температуры чугуна на скорость дефосфорации в агрегате торпедо = Effect of iron oxide feeding rate and hot metal temperature on dephosphorization rate in torpedo car / Hino Yuta [et al.] // ISIJ International. - 2005. - 45, № 6. - С. 827-834. - РЖ Металлургия, 06.01-15А.95. - Англ.

Исследовали поведение оксида железа, влияние скорости подачи оксида железа и температуры чугуна на скорость дефосфорации в лабораторных экс-

периментах и промышленных условиях. Разработали новую математическую модель дефосфорации чугуна в агрегате торпедо.

42. Двумерная модель электромагнитного перемешивания / Janik Marcin, Dyja Henryk, Bersk Szymon // Czestochowa : Wyd. Wydz. inz. proces., mater. i fiz stos. Politechn. - Czestochow., 2004. - С. 199-202. - РЖ Metallurgia, 06.03-15Б.17

Представлена двумерная модель электромагнитного перемешивания, основанная на уравнениях Максвелла.

43. Измерение величины и направления скоростей в высокотемпературных жидких металлах. Ч. 1. Математическое моделирование = Measurement of magnitude and direction of velocity in high-temperature liquid metals. Pt. 1. Mathematical / Melissari Blas, Stavross A. Argyropoulos // Met. and Mater. Trans. B. - 2005. - 36, № 5. - С.691-700. - РЖ Metallurgia, 06.05-15Б.14. - Англ.

Показана разработка математической модели, которая предсказывает время, необходимое для плавления металлической сферы в ванне расплава того же металла при различных условиях движения жидкости.

44. Математическая модель для изучения поведения жидкого включения на поверхности сталь-шлак = A mathematical model to study liquid inclusion behavior at the steel-slag interface / J. Strangh, K. Nakajima, R. Eriksson, P. Jonsson // ISIJ International. - 2005. - 45, № 12. - С. 1838-1847. - РЖ Metallurgia, 06.10-15А.58. - Англ.

Использовали математическую модель, полученную из уравнения движения частицы, для изучения массопереноса жидкого включения в шлаки.

45. Моделирование методом конечных элементов тепло-массопереноса при формировании отливок = Finite element modelling of heat-mass transfer in casting formation / Y.B. Arsov, I.H. Katzarov // Mater. Sci. and Technol. - 2003. - 11, № 2. - С. 5-14. - РЖ Metallurgia, 04.06-15Б.18. - Англ.

Разработана математическая модель и методом конечных элементов проведено трехмерное моделирование тепло-массопереноса в процессе наполнения формы, охлаждения и кристаллизации металла при отливке.

46. Моделирование многофазного потока в применении к металлургическим процессам = Multiphase flow modelling applied to metallurgical processes / Johansen Stein Tore // Model., Identif. and Contr. - 2002. - 23, № 2. - С.77-92. - РЖ Metallurgia, 03.11-15Б.7.

47. Моделирование обезуглероживания электротехнических сталей = Modelling decarburization in electrical steels / Soenen Bart, Jacobs Sigrid, De Wulf Marc // Steel Res. - 2005. - 76, № 6. - С. 425-428. - РЖ Metallurgia, 05.11-15А.65.-Англ.

Предложена математическая модель кинетики обезуглероживания электротехнической стали при отжиге в теплой атмосфере газовой смеси $N_3-H_2-H_2O-CO-CH_4-O_2$.

48. Модель теплообмена при быстром затвердевании металлов / Yang Yuansheng [et al.] // Jinsu xuebao = Acta met. sin. - 2003. - 9, № 3. - С.249-253. - РЖ Metallurgia, 03.11-15Б.13. - Кит.

Разработана теоретическая математическая модель нестационарного теплообмена в процессе скоростной кристаллизации металлов.

49. Обобщенное формулирование функций скрытой теплоты в основанных на энтальпии математических моделях систем затвердевания многокомпонентных сплавов = A generalized formulation of latent heat functions in enthalpy-based mathematical models for multicomponent alloy solidification system / Ganguly Suvankar, Chakraborty Suman // Met. and Mater. Trans. B. - 2006. - 37, № 1. - С. 143-145. - РЖ Metallургия, 06.08-15А.41. - Англ.

Разработана систематическая и обобщенная процедура для математического формулирования функций скрытой теплоты. Это позволяет моделировать затвердевание многокомпонентных сплавов.

50. Оптимизация конструкции и рабочих параметров шахтных печей = Optimization of the design and operating parameters of shaft furnaces / Gordon Yakov, Shvikiy Vladimir, Yaroshenko Yuriy // METEC Congress'03: 3 International Conference on Science and Technology of Ironmaking, Dusseldorf, 20 June, 2003 : Proceedings. - Dusseldorf : Stahlinst VDEh, 2003. - С. 311-316. - РЖ Metallургия, 04.01-15Б.23. - Англ.

Разработана математическая модель взаимосвязанных явлений тепло- и массопереноса, движения газов, твердых и жидких материалов в шахтных печах. С использованием упрощенных вариантов модели была произведена оптимизация конструкции и рабочих параметров различных шахтных печей (прямого восстановления, доменных и др.).

51. Удобный для пользователя пакет программ для моделирования альтернативных схем производства чугуна и стали = User-friendly tool for simulating alternative production routes in iron and steelmaking / Angerman Mikko [et al.] // METEC Congress '03 : 3 International Conference on Science and Technology of Ironmaking, Dusseldorf, 16-20 June, 2003: Proceedings. - Dusseldorf: Stahlinst VDEh, 2003. - С. 214-218. - РЖ Metallургия, 04.08-15В.73. - Англ.

Данный программный продукт находится в стадии разработки и учитывает 4 способа подготовки материалов, 25 процессов получения первородного железа и чугуна, 3 стадии рафинирования чугуна, 14 процессов производства стали и т.д. Основу каждого варианта составляет технологическая схема, включающая материальные потоки между технологическими агрегатами, схемы энергоснабжения и т.п. В качестве примера приведена схема с доменным производством чугуна и обозначением всех ее элементов на экране персонального компьютера.

52. Физико-химические свойства и моделирование ферросплавных шлаков = Recent developments in physicochemical characterization and modelling of ferroalloy slag system / S. Jahanshahi, S. Sun, L.J. Zhang // Afr. Inst. Mining and Met. - 2004. - 104, № 9. - С. 529-540. - РЖ Metallургия, 05.05-15А.33. - Англ.

Рассмотрено применение моделей многофазных потоков, включая эффекты свободного течения в поверхностном слое и явление смачивания.

53. Цифровое моделирование движения расплавленного металла, вызванного индукционным электромагнитным насосом с вращающимся магнит-

ным полем / Ando Tsutomu, Ueno Kazuyuki, Sawada Keisuke // JSME Int. J. B. - 2005. - 48, № 3. - С. 508-513. - РЖ Metallургия, 06.05-15B.8. - Англ.

54. Численное моделирование зарождения и роста включений в жидкой стальной ванне при средних параметрах процесса = Numerical modeling of nucleation and growth of inclusions in molten steel based on mean processing parameters / Zhang Jian, Lee Hae-Geon // ISIJ International. - 2004. - 44, № 10. - С. 1629-1638. - РЖ Metallургия, 05.08-15B.103. - Англ.

В ходе исследования основное внимание сосредоточили на начальных стадиях зарождения и размерах и распределении частиц, динамике их последующего роста или коагуляции.

55. Численное моделирование установившегося жидкометаллического течения в присутствии статического магнитного поля = Numerical simulation of steady liquid-metal flow in the presence of a static magnetic field / Amnon J. Meir [et al.] // Trans. ASME. J. Appl. Mech. - 2004. - 71, № 6. - С. 786-795. - РЖ Metallургия, 06.01-15A.80. - Англ.

Представлены новая математическая модель и результаты численного моделирования вполне трехмерного установившегося жидкометаллического течения при электромагнитном и тепловом воздействиях. Математическая модель состоит из уравнений Навье-Стокса, уравнений Максвелла, закона Ома и уравнения тепла, которые связаны между собой нелинейными зависимостями для сил Лоренца, электродвижущих, плавучести и конвективным и диссипативными потоками тепла. С использованием метода конечных элементов проведено численное моделирование течения расплава металла во вращающемся контейнере при действии магнитного поля перпендикулярно оси цилиндра.

2. Подготовка сырьевых материалов

56. Буторина И.В. Расчет пылевыноса в агломерационном производстве / И.В. Буторина // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2004. - № 7. - С. 66-69.

Разработана математическая модель для расчета пылевыноса при агломерации металлургической шихты, позволяющая определить удельный вынос пыли на тонну производимого агломерата, исходя из дисперсного состава шихты, ее основности, содержания в ней возврата, а также высоты спекаемого слоя, величины вакуума над аглолентой и температуры просасываемого через слой воздуха. Модель подтверждена имеющимися в литературе экспериментальными данными.

57. Гасик М.М. Моделирование термического и электрического режимов работы электрокальцинатора при термической обработке антрацита / М.М. Гасик, М.Н. Гасик // Metallургическая и горнорудная промышленность. - 2004. - № 5. - С. 18-23.

58. Кабаков З.К. Математическая модель газодинамики в слое шихты, спекаемом на агломашине / З.К. Кабаков, А.А. Елисеев // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2006. - № 3. - С. 10-12.

59. Кабаков З.К. Моделирование явлений тепло- и массообмена при сушке агломерируемого слоя / З.К. Кабаков, А.А. Елисеев // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2006. - № 7. - С. 16-19.

Разработана математическая модель, отображающая основные закономерности поведения влаги при сушке агломерируемого слоя, а именно, динамику образования зон интенсивного нагрева, сушки, переувлажнения и конденсации.

60. Колесник В.В. Математическое моделирование процесса нагрева шихты в шихтоподогревателе барабанного типа / В.В. Колесник, В.Н. Орлик, В.М. Олабин // Промышленная теплотехника. – 2003. - № 2. – С. 21-27.

Представлена математическая модель процесса нагрева шихты в шихтоподогревателе, отличающаяся от известных более широким учетом существенных свойств исследуемого объекта. Предложен эффективный алгоритм расчета процесса нагрева шихты, приведены результаты вычислительных экспериментов.

61. Математическая модель процесса обогащения угольных шламов методом масляной агломерации / И.В. Кучин [и др.] // Вестн. Кузбас. гос. техн. ун-та. - 2004. - № 6. - С. 104-108, 149. - РЖ Металлургия, 05.05-15В.80.

Разработанная математическая модель процесса масляной агломерации включает в себя описание стадий образования и роста масляно-угольного агломерата.

62. Математическое моделирование производства доменного кокса высокого качества / В.Н. Трифанов [и др.] // Теория и практика производства чугуна: тр. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию КГГМК "Криворожсталь", Кривой Рог, 24-27 мая, 2004. - Кривой Рог: Изд-во КГГМК "Криворожсталь", 2004. - С. 200-203. - РЖ Металлургия, 06.03-15В.78.

Математическая модель формирования характеристик механической прочности, реакционной способности и послереакционной прочности кокса при слоевом коксовании угольных шихт базируется на данных мацерального состава и рефлектограммы витринита.

63. Моделирование процесса окомкования железной руды методом цифровых элементов // Новости чер. металлургии за рубежом. - 2005. - № 4. - С. 27-28. – РЖ Металлургия, 06.08-15В.38.

Ученые университета Тохоку, Япония, предприняли попытку компьютерного моделирования процессов, происходящих во вращающемся барабане при обработке железной руды, используя метод цифровых элементов.

64. Применение математической модели для оптимизации процесса зажигания / Е.Г. Дмитриева [и др.] // Черная металлургия : бюллетень НТИиЭИ. - 2005. - № 3. - С. 34-36.

65. Рахуба В.О. Математическое моделирование работы приемных бункеров ПТС и строительства алгоритмов поиска оптимальных параметров его загрузки / В.О. Рахуба, М.Ю. Пазюк // Наукові праці Запорізької державної Інженерної академії. Сер. Металургія. - 2005. - № 11. - С. 5-9. - РЖ Металлургия, 05.11-15В.73. - Укр.; рез. рус.

Разработаны алгоритмы определения оптимальных параметров загрузки приемных бункеров ПТС, обеспечивающих минимальный расход электроэнергии и наибольший срок работы оборудования. Рассмотрена зависимость значений параметров загрузки от времени движения распределительного устройства.

66. Трехмерная математическая модель для исследований и управления процессом агломерации / Ю.А. Фролов [и др.] // Черная металлургия : бюллетень НТИиЭИ. - 2005. - № 11. - С. 29-31.

67. Учет тепловых эффектов при плавлении и кристаллизации в математической модели процесса спекания / З.К. Кабаков и [др.]// Черная металлургия : бюллетень НТИиЭИ. - 2005. - № 10. - С. 29-31.

68. Фролов Ю.А. Трехмерная математическая модель процесса агломерации для исследований и управления / Ю.А. Фролов, Л.И. Полоцкий, В.А. Кобелев // Тр. 3 Междунар. науч.-практ. конф. "Металлургическая теплотехника: история, современное состояние, будущее. К столетию со дня рождения М.А. Глинкова", Москва, 1-3 февр., 2006. - М. : Изд-во МИСиС, 2006. - С. 611-613. - РЖ Металлургия, 06.12-15Б.134.

69. Янюк Ю.В. Математическое моделирование и оптимизация процессов сушки сыпучих материалов в сушильной установке : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / Ю.В. Янюк. — Петрозаводск : Петрозаводск. гос. ун-т, 2004. — 21 с.

Разработаны : математическая модель процесса сушки в барабанной сушильной установке в виде системы линейных дифференциальных уравнений, построенная на принципе поэтапного разделения процесса сушки на стационарный и нестационарный режимы; аналитическое представление движения модели, устанавливающее функциональную зависимость решения от конструктивных параметров системы, обладающее большей по сравнению с существующими численными методами быстротой и эталонной точностью; алгоритм управления с точки зрения минимума энергетических затрат на технологический процесс сушки.

70. Анализ жесткости и прочности текстуры рудных материалов с помощью моделирования реальных микроструктур = Real microstructure modeling for stiffness and strength analyses of texture in ores / Aizawa Tatsuhiko, Suwa Yoshihiro, Muraishi Shinji // ISIJ International. - 2004. - 44, № 12. - С. 2086-2092. - РЖ Металлургия, 06.05-15В.46. - Англ.

В Токийском университете разработана математическая модель для оценки прочностных свойств многофазных и пористых материалов, в том числе спеченных руд. Моделирование основано на использовании иерархической конструкции, включающей макро- и микро-моделирование деформации элементов структуры с учетом степеней ее гомогенизации, суммарного смещения составляющих компонентов, их асимптотического расширения и локальных нарушений.

71. Европейское Сообщество угля и стали отчитывается о проведенных НИОКР в области производства кокса за 50-летний период = 50 years of research and development in cokemaking - the contribution of European Coal and Steel Community / Vogt Denis [et al.] // METEC Congress'03: 3 International Conference on Science and Technology of Ironmaking, Düsseldorf, 16-20 June, 2003: Proceedings. – Düsseldorf : Stahlinst VDEh, 2003. - С. 12-15. - РЖ Metallургия, 04.08-15В.40. - Англ.

72. Исследование влияния свойств топлива на тепловые процессы в слое при агломерации железных руд = Effect of fuel characteristics on the thermal processes in an iron ore sintering bed / Yang Won, Yang Kwangheok, Choi Sangmin // JSME Int. J. B. - 2005. - 48, № 2. - С. 316-321. - РЖ Metallургия, 06.01-15В.75. - Англ.

В исследованиях на лабораторной аглочаше и с помощью математической модели специалисты лаборатории технологической механики Института науки и новых технологий (Корея) заменяли в спекаемой шихте часть кокса антрацитовым штыбом. Показано, что кокс в большей мере удовлетворяет требованиям эффективного аглопроцесса.

73. Исследование с помощью математической модели тепловых процессов фазовых превращений при обжиге гематитовых железорудных окатышей = Thermal implication of phase transformation during induration of iron ore pellets produced from hematite / Firth Andrew Robert, Manuel James Robert // ISIJ International. - 2005. - 45, № 11. - С. 1561-1566. - РЖ Metallургия, 06.09-15В.61. - Англ.

74. Математическая модель для оптимизации работы и управления комплексом сухого тушения кокса / Wang De [et al.] // J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2005. - 12, № 5. - С. 390-393. - РЖ Metallургия, 06.04-15В.2. - Англ.

Отходящие газы установки сухого тушения кокса дожигаются за счет подачи вторичного воздуха. Разработана математическая модель комплекса сухого тушения кокса, состоящая из трех моделей: теплопередачи в установке сухого тушения, теплопередачи в котле-утилизаторе и процесса дожигания газов.

75. Математическая модель для оценки кинетических параметров процесса грануляции = Numerical simulation model for granulation kinetics of iron ores / Kano Junya [et al.] // ISIJ International. - 2005. - 45, № 4. - С. 500-505. - РЖ Metallургия, 05.11-15В.79. - Англ.

Математическая модель основана на использовании метода дискретных элементов и результатов лабораторного моделирования грануляции. Показано, что скорость грануляции растет при уменьшении степени заполнения барабана и при увеличении скорости его вращения.

76. Математическая модель печи для обжига железорудных окатышей = Model and simulation of a ported kiln for iron oxide induration / Richard A. Davis, David J. Englund // Can. J. Chem. Eng. - 2003. - 81, № 1. - С. 86-93. - РЖ Metallургия, 04.01-15В.24. - Англ.; рез. фр.

Разработана математическая модель тепло-массообменных процессов во вращающейся печи для обжига железорудных окатышей.

77. Математическая модель тепловых процессов в спекаемом слое железной руды = Mathematical model of thermal processes in an iron sintering bed / Yang Won [et al.] // Met. and Mater. Int. - 2004. - 10, № 5. - С. 493-500. - РЖ Металлургия, 05.10-15В.12. - Англ.

Представлена стационарная одномерная математическая модель спекания слоя железной руды, учитывающая наличие множества твердых фаз. Модель состоит из системы уравнений в частных производных для каждой твердой и газовой фаз.

78. Математическое моделирование движения теплового фронта в процессе агломерации железных руд = Modeling and simulation of hear front propagation in the iron ore sintering process / J. Mitterlehner [et al.] // ISIJ International. - 2004. - 44, № 1. - С. 11-20, 14. - РЖ Металлургия, 04.12-15В.56.-Англ.

В разработанной математической модели принято, что аглошихта состоит из сферических частиц заданного диаметра и представляет собой смесь всех материалов кроме кокса, параметры которого учитываются отдельно. Слой разделен по ширине и длине на параллельные элементы, в которых на основе балансовых уравнений оценивают перепады температур на входе и выходе из элемента. Перепад давления в элементе рассчитывают по уравнению Эргуна.

79. Математическое моделирование качества агломерата и производительности аглоустановки путем предварительной обработки крупных массивов технологических данных о процессе = Data driven modelling of quality and performance indices in sintermaking / Laitinen Petteri, Saxen Henrik // Steel Res.Int. - 2006. - 77, № 3. - С. 152-157. - РЖ Металлургия, 06.09-15В.52. - Англ.

80. Математическое моделирование процессов горения и теплообмена в спекаемом слое при агломерации железных руд с учетом образования многокомпонентных твердых фаз = Modeling of combustion and heat transfer in an iron ore sintering bed with considerations of multiple solid phases / Yang Won [et al.] // ISIJ International. - 2004. - 44, № 3. - С. 492-499. - РЖ Металлургия, 04.12-15В.59. - Англ.

Специалисты Корейского инновационного института науки и технологий и фирмы POSCO моделировали агломерационный слой как нестационарный процесс реагирования многокомпонентных твердых фаз с образованием новых фаз каждым компонентом, имеющим свою крупность и свой состав. Модель включает систему балансовых уравнений, учитывающих изменение крупности частиц в результате реакций с участием углерода кокса (использована модель модуля Юнга), уравнения теплообмена с излучением и конвекцией между газом и твердыми фазами с использованием критерия подобия Юнга, а также модель изменения геометрических параметров реагирующих фаз.

81. Моделирование мезо-пористой структуры агломерата для прогнозирования оптимального состава агломерационной шихты с использованием ячейки и разновидностей фазовых полей = Mesoporous modeling for theoretical analysis of sinter ores by the phase-field, unit-cell method / Aizawa Tatsuhiko, Suwa Yoshihiro // ISIJ International. - 2005. - 44, № 1. - С. 587-593. - РЖ Металлургия, 06.05-15В.51. - Англ.

Разработана математическая модель, позволяющая на основе метода конечных элементов прогнозировать состав шихты, режимы спекания, обеспечивающие формирование мезо-пористой структуры гематитовых фаз высококачественного агломерата.

82. Оценка нового производства чугуна: модель производительности печи с вращающимся подом = Evaluation of a new process for ironmaking a productivity model for the rotary hearth furnace / Fortini Otavio, Fruehan Richard // Steel Res. Int. - 2004. - 75, № 10. - С. 625-631. - РЖ Metallургия, 05.03-15Б.19. - Англ.

Разработана математическая модель, позволяющая рассчитывать производительность печи с вращающимся подом для восстановления окатышей из смеси угля с оксидами железа в зависимости от типа угля, числа слоев окатышей, их размеров и степени металлизации продукта.

3. Прямое получение железа

83. Бабкин Д.Г. Математическое моделирование процесса Ромелт на основе усовершенствованной методики расчета материального и теплового балансов / Д.Г. Бабкин, А.В. Баласанов, А.Б. Усачев // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2004. - № 7. - С. 58-66.

84. Борисов С.А. Физическое и математическое моделирование газодинамических процессов струйно-эмульсионного реактора с использованием системы компьютерной математики FEMLAB / С.А. Борисов, В.П. Цымбал, А.Г. Падалко // Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии : тр. 2 Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию каф-ры "Информационные технологии в металлургии", Новокузнецк, 14-17 марта, 2006. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2006. - С. 94-102. - РЖ Metallургия, 06.10-15Б.34.

С использование программного пакета FEMLAB была проведена серия экспериментов по моделированию газодинамики двухфазной среды (воздух-вода).

85. Климов В.Ю. Разработка и применение компьютерной системы для термодинамических расчетов на базе программного комплекса "Астра" / В.Ю. Климов, И.А. Рыбенко, С.П. Мочалов // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 4. - С. 54-60.

86. Компьютерное моделирование процесса жидкофазного восстановления железорудного сырья / В.П. Иващенко, А.Г. Величко, Ю.С. Паниотов, В.Д. Зеликман // Metallургическая и горнорудная промышленность. - 2004. - № 5. - С. 5-7.

87. Модель процесса твердофазного восстановления железорудного сырья / В.П. Иващенко [и др.] // Теория и практика металлургии. - 2003. - № 3. - С.23-27. - РЖ Metallургия, 04.04-15А.76.

На основании анализа бескоксового получения чугуна и стали разработаны физико-химическая и математическая модели твердофазного восстановления железорудного сырья, позволяющие определить влияние отдельных параметров на энергетические, экологические и экономические показатели процесса.

88. Разработка математической модели и алгоритмов оценки эффективности бескоксового процесса легирования ванадием стали / В.Г. Лисиенко [и др.] // Автоматизация технол. и произв. процессов в металлургии : межвуз. сб. науч. тр. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2004. - С. 31-37. - РЖ Металлургия, 05.06-15В.126.

Процесс ЛП - новый бескоксовый безотходный процесс выплавки легированной ванадием стали отвечает компромиссным требованиям экологичности и экономичности. Процесс ЛП состоит из трех агрегатов : процесс жидкофазного восстановления (ПВЖ), процесс металлизации окатышей в шахтной печи (ШП), процесс выплавки легированной стали в дуговой печи. Для детального исследования возможностей и поиска оптимального режима процесса ЛП реализована математическая модель, состоящая из 6 основных блоков.

89. Восстановление железной руды в непрерывном многостадийном лабораторном реакторе кипящего слоя: математическое моделирование и экспериментальные результаты = Iron ore reduction in a continuously operated multi-stage lab-scale fluidized bed reactor - mathematical modeling and experimental results / A. Thurnhofer [et al.] // Met. and Mater. Trans. B. - 2006. - 37, № 4. - С. 669-673. - РЖ Металлургия, 07.01-15Б.35. - Англ.

Разработана математическая модель процесса непрерывного восстановления железной руды в многостадийном реакторе кипящего слоя. С помощью модели, учитывающей кинетические соотношения, можно изучать влияние параметров процесса (температура, давление, время пребывания частиц руды в реакторе, соотношение газ/твердое, состав газов) на степень восстановления руды в каждой стадии.

90. Математическая модель движения жидких фаз и газа в восстановительной печи с жидкой ванной = A mathematical model of fluid flow phenomena for the liquid bath in smelting reduction processes / Chen Ching-Wen, Chen Chao-Wen, Liu Shih-Hsien // ISIJ International. - 2003. - 43, № 7. - С. 990-996. - РЖ Металлургия, 04.04-15В.101. - Англ.

Основу разработанной модели составляет пакет программ "Феникс" для расчета гидродинамических характеристик жидкофазных и газовых потоков. Для случая вдувания газа в потоки жидкостей использовали методику, базирующуюся на применении скалярных уравнений для описания степени перемешивания фаз в пределах заданного объема с использованием уравнений конвективных потоков Ван Лира и формул Чен-Кима, учитывающих турбулентность типа к-е. Разработан показатель, характеризующий степень перемешива-

ния газа и жидкости в пределах ванны, который равен нулю, когда в ванне находится только жидкость.

91. Скорость восстановления рудно-угольных окатышей. Ч. 1. Определение констант скоростей внутренних реакций = Rat of reduction de ore carbon composites. Pt. 1. Determination of intrinsic rate constants / O. M. Fortini, R.J. Fruehan // Met. and Mater. Trans. B. - 2005. - 36, № 6. - С. 709-717. - РЖ Metallurgia, 06.07-15Б.28. - Англ.

Разработана математическая модель для расчета химической кинетики, теплопроводности и усадки рудно-углеродных окатышей при нагреве в условиях печи с вращающимся подом.

4. Производство ферросплавов

92. Арменский С.В. Адаптация математической модели подэлектродного пространства руднотермических печей / С.В. Арменский, И.Г. Альперович, В.А. Холоднов // Компьютерное моделирование при оптимизации технолог. процес. электротермич. пр-в : докл. науч.- техн. конф. "Электротермия-2004", посвящ. 70-летию каф-ры электротермии СПбГТИ, Санкт-Петербург, 1-4 июня, 2004. - СПб. : Изд-во СПХФА, 2004. - С. 247-259. - РЖ Metallurgia, 05.04-15В.126.

Для прогнозирования параметров РТП предложен алгоритм определения распределения мощности, напряжений и токов зон дуги и реакции, рассматриваемых как два последовательных сопротивления. Для выделенных методом декомпозиции зон дуги и реакции определены параметрические множества на основе уравнений переноса. Составлены и систематизированы базы данных свойств шихты и расплава фосфорной и кремниевой печи.

93. Григорьев С.М. Термодинамические особенности восстановления вольфрама и математическая модель в системе W-O-C с применением к технологии получения губчатого железа / С.М. Григорьев, Д.С. Григорьев, М.С. Карпунина // Черные металлы. - 2006. - № 2. - С. 49-55.

94. Математическое моделирование параметров производства губчатого ферромойбдена / С.М. Григорьев [и др.] // Сталь. - 2003. - № 3. - С.36-38.

95. Математическое моделирование процесса прокаливания термоантрацита в электрокальцинаторе / М.М. Гасик [и др.] // Сталь. - 2006. - № 10. - С. 32-36.

96. Термодинамическое моделирование процесса выплавки Fe-Si-Al / Л.А. Маршук [и др.]. – Расплавы. – 2003. - № 6. – С. 63-68.

Методом термодинамического моделирования исследовано равновесное состояние в системе Fe-Si-Al-Ca-Mg-O в температурном интервале 1573-2173°K. Изучено влияние состава шихты на степень перехода элементов в сплав, химический и фазовый составы металлического и шлакового расплавов в ходе выплавки ферросиликоалюминия.

5. Доменное производство

97. Гоцуленко В.В. Автоколебания вибрационного горения в системе с распределенными параметрами / В.В. Гоцуленко, А.М. Павленко, Б.И. Басок // Промышленная теплотехника. - 2005. - 27, № 2. - С. 5-7.

98. Дмитриев А.Н. Моделирование доменного процесса при изменении давления на колошнике печи / А.Н. Дмитриев, А.Г. Рошектаев, С.В. Шаврин // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 1. - С. 16-18.

99. Дмитриев А.Н. Новые элементы в моделировании системы загрузки / А.Н. Дмитриев, Д.З. Кудинов, С. В. Шаврин // Изв. вузов. Чер. Металлургия. - 2005. - № 3. - С. 68-69.

100. Изюмский Н.Н. Численное моделирование теплообмена дутьевых устройств доменной печи / Н.Н. Изюмский, В.Л. Борщ, Ю.П. Совит // Теория и практика производства чугуна : тр. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию КГГМК "Криворожсталь, Кривой Рог, 24-27 мая, 2004. - Кривой Рог : Изд-во КГГМК "Криворожсталь", 2004. - С. 421-438. - РЖ Металлургия, 06.02-15В.73.

101. Интегрированная модельная система поддержки принятия решений для управления доменной плавкой / В.Л. Терентьев [и др.] // Сталь. - 2004. - № 9. - С. 7-10.

102. Использование двумерной модели доменного процесса при выплавке чугунов с 6% Ni / И.Л. Беляев [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2006. - № 9. - С. 18-20.

Построена интегральная математическая модель гидро-, газодинамических и теплообменных процессов в фурме доменной печи и ее окружении. Получены численные результаты анализа теплообмена реального дутьевого устройства

103. Исследование многокомпонентных шлаков методом компьютерного моделирования / Д.К. Белашенко [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2004. - № 9. - С. 8-11.

104. Компьютерная модель расплава многокомпонентного доменного шлака: взаимосвязь атомной структуры и физико-химических свойств / Д.К. Белашенко и [и др.] // Автоматизация технологических и производственных процессов в металлургии : межвуз. сб. науч. тр. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2004. - С. 139-147. - РЖ Металлургия, 05.05-15А.37.

Проведено моделирование многих простых и сложных оксидов, а также и других родственных систем. В данной работе впервые проведено молекулярно-динамическое моделирование 9-оксидного расплава производственного шлака.

105. Компьютерная система контроля управления технологией доменного процесса на металлургическом заводе HTS S.A. / А. Лэндеки [и др.] // Теория и практика производства чугуна : тр. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию КГГМК "Криворожсталь", Кривой Рог, 24-27 мая, 2004. - Кривой Рог : Изд-во КГГМК "Криворожсталь", 2004. - С. 521-523. - РЖ Металлургия, 06.04-15В.35.

Прогресс в области информатики, электроники, измерительной техники и моделирования технологических процессов привел к развитию компьютерных систем управления технологией доменного процесса. Это способствует улучшению качества чугуна и уменьшению его себестоимости.

106. Компьютерные методы моделирования доменного процесса / О.П. Онорин [и др.] — Екатеринбург : Изд-во УГТУ-УПИ, 2005. — 302 с. — РЖ Металлургия, 05.11-15В.105К.

В монографии представлено описание математических моделей, алгоритмов и компьютерных программ для решения комплекса технологических задач в области доменного производства.

107. Матола А.В. Моделирование доменного процесса при оптимизации состава шихты для выплавки передельного хромоникелевого чугуна / А.В. Матола, Д.З.Кудинов, В.С. Шаврин // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2004. - № 1. - С.73-74.

108. Моделирование газодинамического режима доменной плавки / О.П. Онорин [и др.] // Вестн. гор.-металлург. секции РАЕН. Отделение металлургии. - 2005. - № 14. - С. 61-67. - РЖ Металлургия, 05.11-15В.104.

В статье представлена методика моделирования газодинамического режима доменной плавки, которая положена в состав алгоритмического и программного обеспечения интегрированной модельной системы поддержки принятия решений для управления доменной плавкой, реализованной в доменном цехе ОАО “Магнитогорский металлургический комбинат”.

109. Моделирование доменного процесса для условий выплавки хромоникелевых чугунов / И.Л. Беляев [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2006. - № 5. - С. 9-11.

110. Моделирование доменного процесса при изменении восстановимости железорудного сырья / С.Н. Евстюгин [и др.] // Сталь. - 2005. - № 2. - С.26-27.

111. Моделирование процессов в фурменном очаге доменной печи / В.С. Швыдкий [и др.] // Металлургическая теплотехника. — 2002. — С. 61-66. — РЖ Металлургия, 03.10-15Б.46.

Представлена инженерная трехмерная математическая модель фурменного очага доменной печи. Модель включает уравнения теплообмена и движения газов в доменной печи, уравнения горения кокса, а также частиц угольной пыли, инжектируемой в доменную печь.

112. Моделирование шлакового режима доменной плавки / Н.А. Спирин [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 8. - С. 51-55.

113. Онорин О.П. Компьютерные методы моделирования газодинамического и шлакового режимов доменной плавки / О.П. Онорин, Н.А. Спирин // Сталь. - 2005. - № 6. - С. 55-58. - РЖ Металлургия, 05.12-15В.101.

Опытно-промышленная эксплуатация пакета прикладных программ моделирования газодинамического и шлакового режимов свидетельствует о корректности используемых вычислительных алгоритмов, возможности адаптации моделей и настройки пакетов на конкретные условия функционирования системы.

114. Перспективы использования математических моделей фурменного очага в системах контроля теплового состояния горна доменной печи / А.Л. Чайка [и др.] // Материалы 2 Междунар. науч.-практ. конф. "Автоматизированные печные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии", Москва, 3-5 дек., 2002. – М. : Изд-во "Учеба" МИСиС, 2002. – С. 412-415. – РЖ Металлургия, 03.10-15Б.44.

Для анализа энергетического потенциала шахтных печей при выплавке различных марок чугуна разработана балансовая тепловая модель фурменного очага, основанная на принципах работы реактора идеального перемешивания, с учетом испарения технологических материалов, размеров фурменного очага, окисления элементов чугуна и т.п.

115. Применение двумерной модели доменного процесса для условий его реализации в печи объемом 205 м³ / И.Л. Беляев [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2006. - № 3. - С. 13-14.

116. Применение математических моделей для оптимизации процесса зажигания / Е.Г. Дмитриева [и др.] // Чер. металлургия. - 2005. - № 3. - С. 34-36. - РЖ Металлургия, 05.09-15В.79.

Предлагаемая модель зажигания основана на новом методе расчета прихода тепла от горения углерода в условиях горна. В предлагаемой модели горение частицы углерода рассматривается в переходный период, когда механизм слоевого горения еще не сформировался.

117. Принципы построения модельных систем поддержки принятия решений в доменном производстве / Н. А. Спириин [и др.] // Новые программные средства для предприятий Урала : сб. трудов Регион. науч.-техн. конф, Магнитогорск, 2002. Вып. 1. – Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2002. – С. 130-137. – РЖ Металлургия, 03.10-15В.85.

Представлен комплекс математических моделей и пакетов прикладных программ, позволяющий решать ряд задач в области доменной плавки. В основу математического моделирования положены современные достижения в области теории и практики доменного процесса.

118. Разработка и применение математических моделей оптимального распределения топливно-энергетических ресурсов в доменном производстве / В.Г. Лисиенко [и др.] // Материалы 2 Междунар. науч.-практ. конф. "Автоматизированные печные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии", Москва, 3-5 дек., 2002. - М.: Изд-во "Учеба" МИСиС, 2002. - С. 203-205. – РЖ Металлургия, 03.11-15В.92.

119. Решение технологических задач доменной плавки методами математического моделирования / С.А. Загайнов [и др.] // Металлургическая тепло-техника. – 2002. - № 7. – С. 158-165. – РЖ Металлургия, 03.10-15Б.45.

Описана методология построения математической модели доменного процесса. Структура представляет многоуровневую конструкцию, состоящую из взаимодействующих подсистем теплового состояния, дутьевого и газодинамического режимов, шлакового режима, распределения потоков шихты и газов на колошнике доменной печи.

120. Рудин В.С. Моделирование доменного процесса при выплавке ванадиевого чугуна с пониженным содержанием кремния / В.С. Рудин, В.В. Филиппов, С.В. Шаврин / Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2003. - № 11. - С.76-77.

121. Рудин В.С. Моделирование процесса в доменной печи объемом 1513 м³ и оптимизация системы загрузки при выплавке ванадиевых чугунов с 0,1% Si / В.С. Рудин, В.В. Филиппов, С.В. Шаврин // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2003. - № 11. - С. 11-12.

122. Рыболовлев В.Ю. Разработка и внедрение информационно-моделирующей системы АСУ доменной плавки : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / В.Ю. Рыболовлев. — Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2002. — 24 с. — РЖ Металлургия, 03.06-15В.83Д.

123. Современные принципы построения и реализация компьютерных систем поддержки принятия решений для управления сложными системами в металлургии (на примере доменной плавки) / Н.А. Спирин [и др.] // Вестн. гор.-металлург. секции РАЕН. Отделение металлургии. - 2004. - № 13. - С.79-84. - РЖ Металлургия, 05.10-15В.174.

В статье представлено описание разработанных математических моделей, алгоритмов и программ для решения комплекса технологических задач в области доменного производства. Большинство компьютерных программ опробованы в промышленности, их можно рекомендовать для использования в автоматизации рабочих мест инженерно-технического персонала доменного цеха (уровень SCADA), решении комплекса стратегических задач при планировании производства, поставок железорудного сырья и др.

124. Современные принципы построения и реализации компьютерных систем поддержки принятия решений для управления сложными системами в металлургии (на примере доменной плавки) / Н.А. Спирин [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 4. - С. 65-67.

125. Современные принципы построения математической модели доменного процесса для решения технологических задач / С.А. Загайнов [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2003. - № 12. - С. 3-6..

126. Сперкач И.Е. Резервы интенсификации доменного процесса / И.Е. Сперкач, И.Ф. Курунов // Металлург. - 2005. - № 2. - С. 33-38. - РЖ Металлургия, 06.05-15В.64.

127. Тищенко А.П. Динамика восстановления рудно-угольных окатышей при моделировании условий интегрированного процесса / А.П. Тищенко // Металлургическая и горнорудная промышленность. - 2003. - № 6. - С. 8-10.

128. Ченцов А.В. Балансовая логико-статистическая модель доменного процесса / А.В. Ченцов, Ю.А. Чесноков, С.В. Шаврин. — Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2003. — 163 с. — РЖ Металлургия, 04.09-15В.98К.

В монографии рассмотрены вопросы анализа и прогнозирования показателей доменной плавки с помощью математической модели, основанной на использовании материальных и тепловых балансов, дополненных расчетами тепло- и массообмена, блоком неравномерности распределения газа по радиусу колошника и статистическими данными о влиянии некоторых факторов на показатели работы печи.

129. Чесноков Ю.А. Контролируемые параметры распределения материалов на колошнике как элемент моделирования доменного процесса / Ю.А. Чесноков, А.В. Ченцов, С.В. Шаврин // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2003. - № 7. - С. 77.

130. Щипанов К.А. Математическая модель расчета задувочной шихты доменной печи с регулируемым процессом шлакообразования и восстановления / К.А. Щипанов, А.А. Спириин, О.П. Онорин // Изв. вузов. - 2006. - № 6. - 66-67.

131. Визуализация математической модели работы доменной печи для целей дистанционного обучения = Visualisation of a mathematical model of blast furnace operation for distance learning purposes / A. Babich [et al.] // Rev. met. / CENIM. - 2005. - Прил. - С. 289-293. - РЖ Металлургия, 06.09-15Б.24. - Англ.; рез исп.

Рассмотрена виртуальная (визуальная) модель доменной печи, разработанная на основе балансовой математической модели и предназначенная для обучения персонала и студентов.

132. Изучение и применение математической зоны слабого плавления в доменной печи / Peng Xing-dong, Jin Yong-long, Zhang Jun-hong // Anchan keji daxue xuebao = J. Anshan Univ. Sci. and Technol. - 2004. - 27, № 5. - С. 332-334. - РЖ Металлургия, 06.01-15В.89. - Кит.; рез. англ.

Разработана математическая модель для определения зоны слабого плавления в доменной печи и с ее помощью получены зависимости формы и расположения этой зоны в доменной печи объемом 2500 м³ от рабочих параметров.

133. Использование математической модели для управления работой доменной печи / Klimczyk Arkadiusz, Stachura Ryszard // Czestochowa : Wyd. Wyzd. inz. proces., mater. i fiz stos. Politechn. - 2005. - С. 44-47. - РЖ Металлургия, 06.05-15В.76. - Пол. ; рез. англ.

134. Использование экспертных математических моделей и систем для прогноза температуры чугуна, выплавляемого в доменных печах = Blast furnace hot metal temperature prediction through networks-based models / Jimenez Juan [et al.] // ISIJ International. - 2004. - 44, № 3. - С. 573-580. - РЖ Металлургия, 04.12-15В.108. - Англ.

В математической модели, разработанной специалистами Национального центра металлургических исследований (Испания), в качестве выходного параметра была принята температура чугуна, измеряемая в течение 48 час. каждые 2 мин. в главном желобе рядом с леткой. Входные параметры: расход, температура, влажность и обогащение дутья кислородом; расход вдуваемого угля и рудная нагрузка на кокс. Разработанная модель относится к классу моделей с нелинейными автокорреляционными функциями с экзогенными входными параметрами.

135. Исследование распределения содержания пылеугольного топлива, вдуваемого в фурму доменной печи через сопло с многими отверстиями / Shi

Zhang-ming [et al.] // Zhongnan gongye daxue xuebao. Ziran kexue ban = J. Cent. Univ. Technol. Natur. - 2002. - 33, № 2. - С. 148-152. - РЖ Metallургия, 05.04-15В.102. - Кит.; рез. англ.

На трехмерной математической модели исследовались характеристики турбулентных потоков в фурме, возникающие при вдувании ПУТ через существующее и улучшенное сопло, при этом использовались уравнения сохранения массы и моментов перемешивающихся частиц угля трех значений крупности.

136. Исследование с помощью математической модели влияния структуры коксового тотермана и свойств мелких частиц в нижней части доменной печи = Numerical investigation on effects of deadman structure and powder properties on gas and lower part of blast furnace / Nogami Hiroshi [et al.] // ISIJ International. - 2004. - 44, № 3. - С. 500-509. - РЖ Metallургия, 04.12-15В.106. - Англ.

В разработанной модели газ, твердые, жидкие фазы и мелкие частицы рассматриваются как отдельные фазы, и модель включает уравнения материального и энергетического балансов и баланса количества движения для этих фаз условий установившегося режима. Модель дает двухмерные расчетные поля распределения температуры и порозности твердых фаз в вертикальном направлении.

137. Исследование с помощью математической модели потоков твердых фаз и газа в зоне циркуляции доменной печи = Numerical study of gas-solid flow in the raceway of a blast furnace / Feng Yu-Qing [et al.] // Steel Res. Int. - 2003. - 74, № 9. - С. 523-530. - РЖ Metallургия, 05.04-15В.100. - Англ.; рез. нем.

Использована комбинированная непрерывно-дискретная математическая модель, в которой вращательное и поступательное дискретное движение твердых частиц описывается уравнением, учитывающим действующие силы и моменты взаимодействия между частицами. Движение газа описывается известными уравнениями двухмерного потока.

138. Исследование с помощью математической модели работы горна доменной печи при опускании на лещадь и всплывании коксового тотермана = Model analysis of the operation of the blast furnace hearth with a sitting and floating dead man / Brannbacka Johnny, Saxen Henrik // ISIJ International. - 2003. - 43, № 10. - С. 1519-1527. - РЖ Metallургия, 04.05-15В.77. - Англ.

139. Исследование с помощью трехмерной математической модели дренажа жидких фаз в горне доменной печи = A three-dimensional mathematical modelling of drainage behavior in blast furnace hearth / Nishioka Koki, Maeda Takayuki, Shimizu Masakata // ISIJ International. - 2005. - 45, № 5. - С. 669-676. - РЖ Metallургия, 06.05-15В.67. - Англ.

Для оценки закономерностей движения жидких чугуна и шлака в нижней части доменной печи разработаны двумерная и трехмерная модели на основе метода конечных превращений. Каждая модель учитывает расчетные данные об изменении перепадов давления в летках для выпуска чугуна, которые отражают влияние колебаний давления в горне на скорость дренажа продуктов плавки.

140. Компьютерное моделирование теплообмена в регенеративной камере доменного воздухонагревателя с самоподогревом = Computer simulation of heat transfer in regenerative chambers of self preheating hot blast stoves / Zhong Li-

angcai, Liu Quanxing, Wang Wenzhong // ISIJ International. - 2004. - 44, № 5. - С. 795-800. - РЖ Metallургия, 04.11-15Б.44. - Англ.

Разработана новая схема работы доменных воздухонагревателей с самоподогревом, при которой после окончания периода нагрева доменного дутья в воздухонагреватель подается воздух, используемый при отоплении соседнего воздухонагревателя. Проведено компьютерное моделирование нестационарного теплообмена в насадке.

141. Математическая модель напряжений сжатия в плоскости кусков кокса = A theoretical model for the contact phenomenon of coke particle accompanied by the compressive breakage at the contact plane/ Yamaoka Hideyuki, Nakano Kaoru / ISIJ International. - 2003. - 43, № 1. - С. 36-43, 13. - РЖ Metallургия, 03.11-15В.93. - Англ.

Разработана формула, характеризующая зависимость между силой контакта и контактным смещением, степенью разрушения и расходом энергии.

142. Математическая модель фурмы доменной печи = A mathematical model of a blast furnace injection tuyere / Hellberg Per [et al.] // Steel Res. Int. - 2005. - 76, № 11. - С. 755-763. - РЖ Metallургия, 06.04-15Б.38. - Англ.

Одно из направлений использования производственных газов на интегрированном металлургическом заводе - это замена мазута в доменных печах. Для изучения особенностей вдувания газов через специальные фурмы разработана трехмерная математическая модель, которая включает системы уравнений.

143. Математическая оптимизационная модель работы доменной печи / Hao Xiao-jing, Du Gang // Cailiao yu yejin xuebao = J. Mater. and Met. - 2002. - 1, № 2. - С.120-123. - РЖ Metallургия, 03.04-15Б.32. - Кит.; рез. англ.

Разработана математическая модель для оптимизации рабочих параметров доменной печи. Путем статистической обработки производственных данных нескольких заводов получены уравнения множественной линейной регрессии для определения расхода кокса, производительности, рудной нагрузки т.д.

144. Математическое моделирование загрузки в доменную печь углеродосодержащих окучкованных железорудных материалов = Numerical analysis on charging carbon composite agglomerates / Chu Mansheng, Nogami Hiroshi, Yagi Jun-ichiro // ISIJ International. - 2004. - 44, № 3. - С. 510-517. - РЖ Metallургия, 04.12-15.В.107. - Англ.

Усовершенствованная специалистами университета Тохоку двумерная статическая модель загрузки рассматривает движение газа, твердых, жидких и порошкообразных фаз как движение индивидуальных потоков и содержит балансовые уравнения, учитывающие процессы в слое на участке от поверхности шлака до уровня засыпи шихты, процессы диффузионного массообмена, характеристики химических реакций, фазовые изменения, параметры взаимодействия фаз и баланс сил, действующих в слое.

145. Математическое моделирование закономерностей изменения глубины и высоты зоны циркуляции кокса в доменной печи и исследования влияния отложений размягченных материалов на стенках горна на характер движения потоков газа и масс кокса = Numerical simulation of blast furnace racesay depth and height, and effect of wall cohesive matter on gas and coce particle flows /

Umekage Toshihiko, Yuu Shinichi, Kadowaki Masatomo // ISIJ International. - 2005. - 45, № 10. - С. 1416-1425. - РЖ Metallургия, 06.09-15В.95. - Англ.

В работе использована математическая модель, основанная на применении метода отдельных элементов для оценки внешнего взаимодействия множества кусков кокса и метода конечных разностей для анализа с помощью уравнений Навье-Стокса взаимодействия газа с твердыми частицами.

146. Математическое моделирование износа фурм доменной печи при вдувании угля через сопло с отверстиями / E Jia-qiang [et al.] // Zhongnan gongye daxue xuebao. Ziran ke xue ban = J. Cent. S. Univ. Technol. Natur. Sci. - 2002. - 33, № 3. - С. 325-329. - РЖ Metallургия, 03.03-15В.176. - Кит.; рез. англ.

Модель содержит уравнения материального баланса, балансов действующих сил, энергии и учитывает соотношение частиц различной крупности во вдуваемом угле. Проанализированы трехмерные потоки, включающие две движущиеся фазы: воздух и твердый материал. Степень турбулентности потока оценивали с помощью модели типа к-е. С помощью модели рассчитывали поля скоростей и концентраций фаз при движении двухфазных потоков вблизи фурм.

147. Математическое моделирование охлаждения нижней части шахты и горна доменной печи = Numerical simulation for the lower shaft and the hearth bottom of blast furnace / Cheng Susen [et al.] // J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2003. - 10, № 3. - С.16-20. - РЖ Metallургия, 04.03-15В.127. - Англ.

Разработана трехмерная статическая модель для расчета распределения температур в холодильниках и двухмерная динамическая модель для расчета распределения температур в кладке лещади, учитывающую скрытую теплоту фазовых превращений.

148. Математическое моделирование параметров работы доменной печи, содержащих шумы и помехи, с помощью генетических алгоритмов и нейронных сетей = Modelling noisy blast furnace data using genetic algorithms and neural networks / Helle Mikko [et al.] // Steel Res.Int. - 2006. - 77, № 2. - С. 75-81. - РЖ Metallургия, 06.09-15В.86. - Англ.

Использованный генетический алгоритм содержит оптимальные архитектурные построения и применяется в экспертных системах для прогноза содержания углерода, кремния и серы в чугунах.

149. Математическое моделирование распределения загружаемой в доменную печь шихты с помощью систем с искусственным интеллектом = Modelling of the blast furnace burden distribution by evolving neural networks / J. Hinnela, H. Saxen, F. Pettersson // Ind. and Eng. Chem. Res. - 2003. - 42, № 11. - С. 2314-2323. - РЖ Metallургия, 06.01-15В.85. - Англ.

Разработана математическая модель формирования слоев шихты в доменной печи на основе оценки толщины слоев с помощью радарного измерителя уровня засыпи на колошнике. Для определения зависимости значений толщины слоев от переменных параметров загрузки шихты применили элементы систем с искусственным интеллектом, которые оценивают экономическую эффективность оптимизации и непрерывно самонастраиваются в автоматическом

режиме на основе линейной оптимизации с применением наименьших квадратов.

150. Моделирование газопылевых потоков в доменной печи = Modelling of gas-powder flow in a blast furnace / Dong Xuefeng [et al.] // Steel Res. - 2003. - 74, № 10. - С.601-609. – РЖ Metallургия, 04.03-15Б.37. - Англ.

Экспериментально на физической модели и путем математического моделирования исследовалось поведение газопылевых потоков в плотном кустовом слое в условиях доменной печи. Изучено влияние скорости газового потока и формы зоны когезии на аккумуляцию частичек пыли в слое.

151. Непрерывное определение износа футеровки горна доменной печи, основанное на измерении тепловых потоков = On-line wear determination for improved life-time of blast furnace heart based on heat-flux meters / Hofer Oliver [et al.] // METEC Congress'03 : 3 International Conference on Science and Technology of Ironmaking, Dusseldorf, 16-20 June, 2003 : Proceedings. - Dusseldorf : Stahlinst VDEh, 2003. - С. 491-495. - РЖ Metallургия, 04.01-15Б.40. - Англ.

152. Новые решения в математическом моделировании движения твердых материалов в доменной печи = Recent advances in the modelling of solid flows in the blast furnace / Zaimi Sami Alex [et al.] // Steel Res. - 2004. - 75, № 5. - С. 302-307. - РЖ Metallургия, 04.12-15В.110. - Англ.

Специалисты институтов IRSID и Ecole Centrale (Франция) при моделировании использовали программу для расчета по методу конечных элементов и уравнение гиперпластичности, обеспечивающие более эффективное модифицирование уравнения для оценки значения угла трения. Для определения модуля упругости и других важных констант, характеризующих свойства кокса и агломерата, провели серию простых опытов, применяемых в механике грунтов. Модель адаптировали к условиям работы доменной печи, имеющей следующие размеры, м : радиусы колошника, распара и горна 4,4; 6,55 и 5,9; значения высоты шахты, распара и заплечиков 17,6; 2,6 и 3, 9. По результатам расчетов и итераций построены поля распределения скоростей движения материалов, напряжений в слое шихты и его порозности.

153. Оптимизация параметров стальных литых холодильников доменной печи / Deng Kai, Cheng Huier // Gand tie fan tai = Iron Steel Vanadium Titanium. - 2005. - 26, № 2. - С. 44-48. - РЖ Metallургия, 06.07-15Б.32. - Кит.; рез. англ.

С использованием инженерных программ ANSYS проведено компьютерное моделирование наибольших температур и термических напряжений в литых стальных холодильниках доменной печи. Методом многоцелевой оптимизации с применением MATLAB оптимизированы параметры холодильника.

154. Опыт промышленного применения на заводе в Сидмаре математической модели доменного процесса "CRM" = Industrial application of the CRM blast furnace model at Sidmar / G. Danloy [et al.] // METEC Congress'03 : 3 International Conference on Science and Technology of Ironmaking, Dusseldorf, 16-20 June, 2003 : Proceedings. – Dusseldorf : Stahlinst VDEh, 2003. - С. 83-88. - РЖ Metallургия, 04.04-15В.135. - Англ.

Разработанная модель предназначена для расчета газораспределения в печи при вдувании ПУТ и оценки эффективности процессов восстановления. Результатом расчетов являются поля температур, давления, скоростей и состава газа, твердых материалов и жидких фаз, а также значения тепловых потерь через кладку стен. Модель рассчитывает структуру и форму зоны когезии и коксового тотермана в горне.

155. Прогноз устойчивого и неустойчивого состояния в зоне циркуляции кокса в доменной печи с помощью математического моделирования движения газа и твердых частиц = Prediction of stable and unstable flows in blast furnace raceway using numerical imulation methods for gas and particles / Yuu Shinichi [et al.] // ISIJ International. - 2005. - 45, № 10. - С. 1406-1415. - РЖ Metallургия, 06.09-15В.94. - Англ.

156. Прогнозная модель доменного процесса с элементами искусственного интеллекта для оценки требуемого расхода дутья / Tang Zhao-hui [et al.] // Zhongguo youse jinchi xuebao = Chin. J. Nonferrous Metals. - 2003. - 13, № 5. - С. 1306-1310. - РЖ Metallургия, 04.08-15В.72.- Кит.; рез. англ.

Разработанная модель построена с использованием интеграционной технологии с автоматической адаптацией к типу процесса выплавки металла. Проведенные испытания в промышленных условиях показали адекватность модели и высокую точность прогноза.

157. Разработка и использование математических моделей для исследования энергетического баланса доменного процесса / Zhou Li-ying, Wang Ping // Anhui gongye dahue xuebao = J. Anhui Univ. Technol. Natur. Sci. - 2004. - 21, № 1. - С. 29-32. - РЖ Metallургия, 04.08-15В.74. - Кит.; рез. англ.

Представлен пакет математических моделей, комплексно обеспечивающий технологов универсальным инструментом для управления всеми процессами и стадиями выплавки чугуна в доменных печах.

158. Разработка нового способа моделирования поведения потоков сыпучих материалов в доменной печи с использованием элементов автоматики с ячеистой структурой = Development of new simulation method for flow behavior of granular materials in a blast furnace using cellular automation / N. Katsura [et al.] // ISIJ International. - 2005. - 45, № 10. - С. 1396-1405. - РЖ Metallургия, 06.09-15В.93. - Англ.

Метод основан на применении правила для оценки переходного состояния движущихся частиц и правила взаимодействия между ними.

160. Улучшение математических моделей доменной печи и их применение в практической работе / Nogami Hiroshi // Tetsu to hagane = J. Iron and Steel Inst. Jap. - 2003. - 89, № 2. - С. 211-220. - РЖ Metallургия, 03.09-15В.38. - Яп.; рез. англ.

Представлен обзор существующих математических моделей работы доменных печей и их использование для разработки некоторых новых технологий, таких как загрузка скрапа и рециркуляция колошниковога газа.

161. Физическое и математическое моделирование движения отдельных частиц материалов в доменной печи = Discrete particle simulation of solid flow in

a model blast furnace / Zhong Zongyan [et al.] // ISIJ International. - 2005. - 45, № 12. - С. 1828-1837. - РЖ Metallургия, 06.12-15В.76. - Англ.

В математической модели использовали баланс действующих сил, соответствующие математические уравнения и критерий подобия Фруда.

162. Цифровое изучение движения газовой и твердой фаз в зоне циркуляции доменной печи = Numerical study of gas-solid flow in the raceway of a blast furnace / Y.Q. Feng [et al.] // METEC Congress'03 : 3 International Conference on Science and Technology of Ironmaking, Dusseldorf, 16-20 June, 2003 : Proceedings. – Dusseldorf : Stahlinst VDEh, 2003. - С. 149-156. - РЖ Metallургия, 04.01-15Б.31. - Англ.

Приведены результаты двумерного цифрового моделирования движения газов и твердой фазы в зоне циркуляции кокса доменной печи.

163. Цифровое исследование одновременного вдувания пылевидного угля и природного газа в доменную печь при обогащении дутья кислородом = Numerical investigation of simultaneous injection of pulverized coal and natural gas with oxygen enrichment to the blast furnace / De Castro Jose Adilson, Nogami Hiroshi, Yagi Jun-ichiro // ISIJ International. - 2002. - 42, № 11. - С. 1203-1211. - РЖ Metallургия, 03.07-15В.66. - Англ.

При разработке математической модели доменная печь рассматривалась как многофазный реактор с существованием одновременно 5 фаз: газов, кусковых твердых материалов (руда, агломерат, окатыши, кокс), жидкого чугуна, расплавленного шлака и пылевидного угля. Система уравнений на основе баланса массы, моментов движения, энергии и химических веществ решалась методом конечных объемов.

164. Цифровое моделирование вдувания угля в доменную печь / Guo Shu-yi [et al.] // Jinan daxue xuebao. Ziran kexue ban. = J. Jinan Univ. Sci. and Technol. - 2003. - 17, № 4. - С. 337-339. - РЖ Metallургия, 05.02-15Б.34. - Кит.; рез. англ.

165. Цифровое моделирование движения газов и теплопередачи в доменном воздухонагревателе с внешним сжиганием / Zhang Shuchen [et al.] // Beijing keji daxue xuebao = J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2004. - 26, № 1. - С. 34-37. - РЖ Metallургия, 04.12-15Б.32. - Кит.; рез. англ.

166. Цифровой анализ вдувания водородосодержащих материалов в доменную печь = Numerical analysis on injection of hydrogen bearing materials into blast furnace / Chu Mansheng, Nogami Hiroshi, Yagi Jun-ichiro // ISIJ International. - 2004. - 44, № 5. - С. 801-808. - РЖ Metallургия, 04.11-15Б.45. - Англ.

Проведено цифровое исследование работы доменной печи при использовании увлажненного дутья, вдувании природного газа и пластмассовых отходов. Моделирование показало, что при вдувании водородосодержащих материалов температурный уровень в печи снижается из-за увеличения водородного восстановления и уменьшения доли прямого восстановления.

167. Цифровой анализ поведения несгоревших частиц кокса и коксовой мелочи = Numerical analysis on behavior of unburned char and fine coke in blast / Nogami Hiroshi, Pintowantoro Sung-ging, Yagi Jun-ichiro // ISIJ International. - 2005. - 45, № 10. - С. 1489-1495. - РЖ Metallургия, 06.06-15Б.27. - Англ.

Разработана математическая модель, позволяющая установить поведение несгоревших частиц кокса и коксовой мелочи в шахте доменной печи. Путем математического моделирования установлено, что указанные материалы, имеющие разные размеры и плотности показывают различные характеры движения и области отложения.

170. Цифровые расчеты процессов движения газов и теплопередачи в новом типе воздухонагревателей с вынесенной камерой горения = Numerical calculation of flow and heat transfer process in the new-type external combustion swirl-flowing hot stove / Zhang Shuchen [et al.] // J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2003. - 10, № 5. - С. 31-34. - РЖ Металлургия, 04.02-15Б.44. - Англ.

Проведено компьютерное моделирование скоростей и температур в новом типе доменных воздухонагревателей с шаровой насадной и вынесенной камерой горения, оборудованной скоростными горелками. Получено равномерное распределение скоростей и температур, совпадающее с экспериментальными данными.

171. Численный анализ явлений статических задержек движения мелких частиц в доменной печи = Numerical analysis of static holdup of fine particles in blast furnace / Pintowantoro Sung-ging, Nogami Hiroshi, Yagi Jun-ichiro // ISIJ International. - 2004. - 44, № 2. - С. 304-309. - РЖ Металлургия, 04.12-15В.88. - Англ.

Указанное явление исследовано с помощью математической модели четырех движущихся потоков материалов, учитывающее распределение значения порозности слоя для случаев статических задержек и скорость отложения мелких частиц на поверхности более крупных. Динамическое подвисяние частиц оценивали с помощью эмпирического уравнения, в котором общую порозность кусковых материалов определяли на основе эмпирической корреляционной связи между частными ее значениями, в сумме равными единице.

172. Эволюция математического моделирования с использованием элементов искусственного интеллекта для оценки распределения шихты в доменной печи = Evolutionary neural network modelling of blast furnace burden distribution / Pettersson Frank, Hinnela Jan, Saxen Henrik // Mater. and Manuf. Processes. - 2003. - 18. - № 3. - С. 385-399. - РЖ Металлургия, 04.03-15В.98. - Англ.

Разрабатываемая математическая модель основана на оценке значений толщины слоя шихты в печи с помощью одного радара, измеряющего уровень засыпи. Модель позволяет анализировать зависимость толщины слоя от переменных параметров режима загрузки и применяется для их настройки путем оптимизации структурных составляющих модели по алгоритму линейного программирования с использованием метода наименьших квадратов.

6. Конвертерное производство

173. Бигеев А.М. Адаптация математической модели окончания продувки конвертерной плавки к условиям кислородно-конвертерного цеха Маг-

нитогорского металлургического комбината / А.М. Бигеев, В.В. Байтман // Металлург. - 2006. - № 9. - С. 47-49.

Разработана детерминированная динамическая модель, позволяющая прогнозировать концентрацию углерода и температуру металла в конце продувки. Использование представленной модели позволяет сократить количество замеров до одного, тем самым снизить продолжительность плавки и повысить производительность конвертера.

174. Бигеев А.М. Математическое моделирование и установление основных параметров конвертерной плавки, обеспечивающей особо низкое содержание углерода и фосфора в металле / А.М. Бигеев, О.А. Миронов // Теория и технология металлургического производства : сб. науч. тр. Вып. 5. Магнитог. гос. техн. ун-т. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2005. - С. 60-63. - РЖ Металлургия, 06.12-15В.118.

Выполнено математическое моделирование конвертерной плавки с использованием водно-кислородного дутья. Использовался чугуны и лом.

175. Гулыга Д.В. Модель расчета параметров кислородно-конвертерной плавки / Д.В. Гулыга, А.В. Сущенко // Сталь. - 2003. - № 12. - С. 19-24. - РЖ Металлургия, 04.06-15В.127.

Разработана и адаптирована статическая математическая модель кислородно-конвертерной плавки, основанная на ее материальном и тепловом балансах, термодинамических и статистических закономерностях физико-химических процессов в конвертере и сталеразливочном ковше.

176. Гуляев А.В. Разработка математических моделей для динамического прогнозирования показателей процесса деванадации природнолегированных чугунов в конвертерах с воздушным и кислородным дутьем / А.В. Гуляев. — М. : Мос. гос. ин-т стали и сплавов, 2004. — 23 с. — РЖ Металлургия, 04.10-15В.122Д.

Предложен метод совместного описания процессов окисления и перемешивания в конвертерной ванне, позволяющий рассчитать изменение основных параметров конвертерной системы во время продувки. Расчетным путем получены численные оценки температуры реакционной зоны при донной воздушной продувке в конвертере. По результатам исследований создан программный комплекс "Конвертер" для проведения расчетов на ПК, сочетающий элементы проектирования агрегата и математическую модель, позволяющую прогнозировать поведение примесей при деванадации.

177. Жибинова И.А. Высокотемпературное моделирование поведения конвертерной ванны в процессах с жидкофазным восстановлением / И.А. Жибинова, Е.В. Протопопов, К.М. Шакиров // Наука и молодежь : проблемы, поиски, решения : тр. Всерос. науч. конф. студ., асп. и мол. уч., Новокузнецк, 12-16 мая, 2003. Вып. 7. Ч. 2. Техн. науки. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2003. - С. 91-94. - РЖ Металлургия, 04.12-15В.155.

С целью изучения поведения конвертерной ванны в условиях комбинированной продувки по разным вариантам, исследования механизма образования газошлакометаллической эмульсии, а также установления влияния управляю-

щих воздействий на состояние ванны при развитии реакции жидкого восстановления присаженных по ходу операции оксидов железа и марганца.

178. Жибинова И.А. Математическое моделирование ресурсосберегающих экологически чистых технологий производства стали в агрегатах конвертерного типа / И.А. Жибинова, Е.В. Протопопов, К.М. Шакиров // Наука и молодежь : Проблемы, поиски, решения : тр. Всерос. науч. конф. студ., асп. и мол. уч., Новокузнецк, 12-16 мая, 2003. Вып. 7. Ч. 2. Техн. науки. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2003. - С. 88-90. - РЖ Metallургия, 04.12-15В.154.

В данном сообщении рассматривается динамика изменения содержания оксидов железа в шлаковой фазе. Как известно, неизбежное присутствие FeO в шлакометаллической эмульсии играет как положительную, так и отрицательную роль. Поэтому оптимизация содержания FeO по ходу конвертирования металла, является чрезвычайно важной задачей оптимизации процесса.

179. Жибинова И.А. Оптимизация параметров процесса жидкофазного восстановления в агрегатах конвертерного типа / И.А. Жибинова, К.М. Шакиров, Е.В. Протопопов // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2004. - № 8. - С. 11-13.

180. Киселева Т.В. Динамическое управление конвертерной плавкой с элементами структурного анализа рядов данных / Т.В. Киселева // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири : СИБРЕСУРС - 9 – 2003 : 9 Междунар. науч.- практ. конф., Улан-Удэ, 23-24 сент., 2003 : докл. - Томск : Изд-во ТГУ, 2003. - С. 116-119. - РЖ Metallургия, 04.02-15Б.25.

Описаны алгоритм динамического управления, включающий способ косвенной оценки содержания углерода в конвертере с многовариантным поиском особой точки путем структурного анализа реализаций CO в отходящих газах, который позволяет снизить число плавов с коррекциями по углероду после первой повалки.

181. Кожухов А.А. Исследование распространения струи кислорода и дожигания CO в рабочем пространстве кислородного конвертера методом математического моделирования / А.А. Кожухов, Э.Э. Меркер // Тр. 3 Междунар. науч.-практ. конф. "Металлургическая теплотехника : история, современное состояние, будущее. К столетию со дня рождения М.А. Глинкова", Москва, 1-3 февр., 2006. - М. : Изд-во МИСиС, 2006. - С. 327-330. - РЖ Metallургия, 06.11-15Б.32.

Предложены математическая модель и алгоритм расчета распространения кислородной струи для дожигания CO в атмосфере рабочего пространства конвертера, на основе которых найдены зависимости величины коэффициента дожигания от конструктивных параметров двухъярусной фурмы с отдувом.

182. Колесников Ю.А. Математическое моделирование шлакообразования в конвертерах на базе построения многозадачных вычислительных систем / Ю.А. Колесников, В.Н. Селиванов // Автоматизация технологических и производственных процессов в металлургии : межвуз. сб. науч. тр. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2004. - С. 111-117. - РЖ Metallургия, 05.05-15В.143.

Проведен расчет элементов шлакового режима конвертерной плавки для заданных условий. Целью расчета являлось определение расхода шлакообразующих материалов (обычной, ожелезненной извести и обожженного доломита).

та) для получения шлака необходимой основности и заданных концентраций в нем оксидов железа и магния. Расчет производился в электронных таблицах Microsoft Excel.

183. Малинов М.Б. Математическое моделирование кислородно-конвертерного процесса на основе создания инструментальной базы / М.Б. Малинов, С.П. Мочалов // Информационные технологии в экономике, науке и образовании : матер. 4 Всерос. науч.-практ. конф., Бийск, 22-23 апр., 2004. – Бийск : Изд-во БТИ, 2004. - С.116-117. - РЖ Metallургия, 05.05-15В.135.

Представлены результаты математического моделирования кислородно-конвертерного процесса как технологического объекта управления на основе создания инструментальной программной системы. Система необходима для предоставления возможности быстрого построения систем, имитирующих поведение технологических объектов. Структурно система содержит три основных компонента: 1. Подсистема математического описания технологических объектов в виде набора математических моделей. 2. Подсистема конструирования интерфейса - среда создания графического интерфейса тренажера. 3. Подсистема анализа служит для накопления и анализа модельной информации.

184. Малинов М.Б. Построение объектных моделей технологических агрегатов на примере кислородно-конвертерного процесса / М.Б. Малинов, С.П. Мочалов // Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии : тр. 2 Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию каф-ры "Информационные технологии в металлургии", Новокузнецк, 14-17 марта, 2006. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2006. - С. 279-283. - РЖ Metallургия, 07.01-15В.130.

Полученная динамическая модель кислородно-конвертерного процесса реализована средствами среды моделирования Delphi 7 в виде отдельного модуля. Модель используется в составе различных программных комплексов для целей исследования, обучения, прогнозирования и управления кислородно-конвертерным процессом.

185. Малинов М.Б. Создание систем математических моделей и обучение операторов кислородного конвертера / М.Б. Малинов, С.П. Мочалов // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 2. - С. 52-55.

186. Математическая модель тепловой работы наконечника верхней кислородной фурмы / А.В. Мокринский [и др.] // Междунар. науч.-практ. конф. "Металлургия России на рубеже XXI века", Новокузнецк, 15-18 июня, 2005 : сб. науч. тр. Т. 1. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2005. - С. 139-144. - РЖ Metallургия, 06.05-15В.19.

Разработана математическая модель пространственного расчета температуры в теле соплового блока наконечника верхней кислородной конвертерной фурмы.

187. Моделирование гидродинамики расплава в ковше при комбинированной продувке через верхнюю фурму и газопроницаемую вставку / Р.А. Гизатулин [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2004. - № 12. - С. 9-12.

188. Модель расчета шихтовки и продувки конвертерной плавки / В.С. Богушевский [и др.] // Сталь. - 2006. - № 1. - С. 18-21.

189. Мокринский А.В. Совершенствование конструкций одноконтурных кислородных фурм на основе высокотемпературного моделирования / А.В. Мокринский, Е.В. Протопопов, А.Г. Чернятевич // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 8. - С.10-15.

190. Мокринский А.В. Численное моделирование и промышленная отработка конструкции цельноточечных наконечников кислородно-конвертерных фурм / А.В. Мокринский, Е.В. Протопопов, А.Г. Чернятевич // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 12. - С. 16-19.

191. Носов А.Д. Рафинирование металла при выплавке трансформаторной стали в 350-тонном конвертере / А.Д. Носов // Вестник МГТУ. - 2004. - № 1. - С. 12-13, 61. - РЖ Металлургия, 04.10-15В.115.

Изложены результаты математического моделирования рафинирования металла при выплавке в кислородном конвертере трансформаторной стали с частичным удалением промежуточного шлака. Показано, что удаление промежуточного шлака практически не влияет на степень десульфурации и дефосфорации металла.

192. Огороков Б.Н. Разработка адаптивного комплекса системного управления современным кислородно-конвертерным производством / Б.Н. Огороков, П.Ю. Шендриков // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2004. - № 5. - С. 20-25. - РЖ Металлургия, 04.10-15В.116.

Ввиду того, что разрабатываемый комплекс должен быть универсальным и автоадаптивным, особым условием является применение моделей, отражающих физико-химическую суть рассматриваемых процессов. Первым этапом в представленной работе стало осуществление системы расчета шихты на процесс, удовлетворяющий всем сформулированным ограничениям и требованиям.

193. Огороков Б.Н. Разработка имитационной математической модели кислородно-конвертерного процесса как составной части адаптивного комплекса системного управления современным кислородно-конвертерным производством / Б.Н. Огороков, П.Ю. Шендриков // Тр. 8 Конгр. сталеплавильщиков, Нижний Тагил, 18-22 окт., 2004. - М., 2005. - С.190-198. - РЖ Металлургия, 06.05-15В.114.

Разработана автоадаптивная динамическая имитационная модель конвертерного процесса, адекватно решающая задачу прогноза переменных состояния плавки в любой момент времени. Дополнив данную модель контуром обратной связи, то есть, обеспечив получение информации о текущем процессе, она может быть значительно упрощена и преобразована в систему динамического управления.

194. Охотский В.Б. Закономерности окончания продувки в конвертере. Модель процесса / В.Б. Охотский // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 12. - С. 13-15.

195. Пантейков С.П. Численные исследования газовой динамики в огнеупорном одноканальном донном блоке конвертеров комбинированной продувки / С.П. Пантейков // Материалы 2 Междунар. науч.-практ. конф. "Автоматизированные печные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлур-

гии", Москва, 3-5 дек., 2002. - М.: Изд-во "Учеба" МИСиС, 2002. - С. 489. - РЖ Металлургия, 03.08-15Б.9.

Модель предполагает решение уравнений состояния (Менделеева-Клапейрона), неразрывности (сплошности), количества движения (Эйлера) и энергии (Бернулли) для сжимаемой среды.

196. Пантейков С.П. Численные исследования термических напряжений в огнеупорном блоке донной топливно-кислородной фурмы конвертеров комбинированного дутья / С.П. Пантейков // Материалы 2 Междунар. науч.-практ. конф. "Автоматизированные печные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии", Москва, 3-5 дек., 2002. - М.: Изд-во "Учеба" МИСиС, 2002. - С. 488. - РЖ Металлургия, 03.10-15Б.51.

197. Протопопов Е.В. Моделирование особенностей формирования шлакового гарнисажа на футеровке конвертера при продувке шлакового расплава газовыми струями / Е.В. Протопопов, В.В. Соколов, С.Е. Самохвалов // Вестн. гор. - металлург. секции РАЕН. Отделение металлургии. - 2003. - № 12. - С. 31-43. - РЖ Металлургия, 05.10-15Б.107.

Выполнено математическое моделирование образования шлакового гарнисажа на футеровке конвертера и поверхности фурмы при продувке жидкого шлака газовыми струями. Рассмотрена полная гидродинамическая картина в полости конвертера.

198. Процессы теплообмена в условиях нанесения шлакового гарнисажа и факельного торкретирования футеровки конвертеров. Математическая модель / Е.В. Протопопов [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2004. - № 10. - С. 8-13.

199. Сущенков А.В. Математическое моделирование дожигания отходящих газов в кислородных конвертерах / А.В. Сущенков, А.С. Безречев // Междунар. науч. конф. "Совр. пробл. теории и практики производства качеств. стали" : тез. докл. - Мариуполь : Изд-во ПГТУ, 2004. - С. 116-118. - РЖ Металлургия, 05.03-15В.104.

Для аналитического исследования процесса дожигания монооксида углерода в полости кислородного конвертера разработана статистическая математическая модель, базирующаяся на уравнениях материального и теплового балансов конвертерной плавки с вторичным дожиганием отходящих газов. Модель учитывает особенности процессов выплавки конвертерной стали при различных вариантах подвода дутья, шихтовки плавов и способа организации вторичного дожигания.

200. Сущенков А.В. Моделирование процесса дожигания монооксида углерода в кислородном конвертере при различных вариантах подвода дутья / А.В. Сущенков, А.С. Безречев // Вісн. Приазов. держ. техн. ун-ту. - 2004. - № 14. - С. 44-48. - РЖ Металлургия, 05.02-15В.134.

Для аналитического исследования процесса дожигания монооксида углерода в полости кислородного конвертера разработана статическая математическая модель, базирующаяся на уравнениях материального и теплового балансов конвертерной плавки с вторичным дожиганием отходящих газов. Модель учитывает особенности процессов выплавки конвертерной стали при различных

вариантах подвода дутья, шихтовки плавок и способа организации вторичного дожига.

201. Численное исследование гидродинамических процессов в полости конвертера при продувке шлакового расплава азотом через фурму с двухрядным расположением сопел / Е.В. Протопопов [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2003. - № 12. - С. 15-19.

202. Экспериментальное и численное моделирование газодинамики в кислородном конвертере / Е.Н. Сигарев [и др.] // Теория и практика металлургии. - 2003. - № 2. - С. 32-36. - РЖ Металлургия, 04.05-15В.115.

С использованием данных высокотемпературных экспериментов разработана сопряженная математическая модель газодинамики в металлической и газошлаковой зонах кислородного конвертера.

203. Математическая модель процесса выплавки стали в конвертере комбинированного дутья / Zhao Cheng-lin [et al.] // Cailiao yu yejin xuebao = J. Mater. and Met. - 2004. - 3, № 2. - С. 99-103. - РЖ Металлургия, 06.02-15В.129. - Кит.; рез. англ.

На основе анализа механизма процесса выплавки стали в конвертере комбинированного (сверху и снизу) дутья разработана кинетическая модель, отображающая ход процесса с учетом термодинамики, макрокинетики, а также теории тепло- и массопереноса с участием химических реакций. Ключевой особенностью модели считают использование свободной энергии Гиббса для расчета доли вдуваемого кислорода.

204. Моделирование поступления азота в конвертер АОД на стадии восстановления при вариациях разряжения в газоотводящем камине = Modelling of nitrogen intrusion into an AOD converter at the stage caused by suction oscillation in the ventilation hood / Tang Yong, Fabritius Timo, Harkki Jouko // Steel Res. Int. - 2004. - 75, № 6. - С. 373-381. - РЖ Металлургия, 05.01-15В.135. - Англ.

Для изучения условий поступления азота воздуха в конвертер аргонокислородного обезуглероживания расплава нержавеющей стали проведено математическое моделирование нестационарных условий изменения давления в газоотводящем тракте на стадии восстановления, когда продувку ведут одним аргоном.

205. Модель для контроля состава металла в конвертерном сталеплавильном процессе / Gong Wei [et al.] // Dongbei daxue xuebao. Ziran kexue ban = J. Northeast. Univ. Natur. Sci. - 2002. - 23, № 12. - С. 1155-1157. - РЖ Металлургия, 03.11-15В.129. - Кит.; рез. англ.

Разработана математическая модель для расчета состава металла (С, Si, Mn) в процессе продувки в кислородном конвертере и показано ее применение в целях управления обезуглероживанием и легированием.

206. Определение минимума и рабочей скорости потока газа при боковой продувке в конвертере AOD = The determination of the minimum and opera-

tional gas flow rates for sidewall blowing in the AOD-converter / T.M.J. Fabritius, P.T. Mure, J.J. Harkki // ISIJ International. - 2003. - 43, № 8. - С. 1177-1184. - РЖ Металлургия, 04.03-15В.176. - Англ.

С учетом ряда исследований на гидравлических и математических моделях провели опыты на модели конвертера аргонокислородного обезуглероживания (AOD). Через боковые фурмы подавали сначала смесь кислород с воздухом, а в конце аргона с азотом. Число фурм, их диаметр и углы между осями варьировали в ходе опытов.

207. Применение интеллектуальной и математической моделей для управления кислородным конвертером фирмы WISCO = Combining intelligent and mathematical models for BOS control at WISCO / He Ping [et al.] // Steel Times Int. - 2003. - 27, № 10. - С. 31-32. - РЖ Металлургия, 04.03-15Б.43. - Англ.

Рассмотрено применение статической интеллектуальной модели для определения времени прекращения продувки в кислородном конвертере.

208. Трехмерная математическая модель плавления стального скрапа в конвертерной ванне = Three - dimensional mathematical model of fusion of steel scrap in the converter melt / V. Grozdanic, A. Markotic // Metalurgija (Zagreb). - 2004. - 43, № 1. - С. 45-48. - РЖ Металлургия, 04.03-15Б.42. - Англ.; рез. хорват.

Разработана трехмерная математическая модель плавления кубического стального скрапа в конвертерной ванне. Из-за учета зависимости теплофизических свойств скрапа от температуры, модель получилась нелинейной. С использованием модели установлено, что добавка 1% низкоуглеродистого стального скрапа понижает температуру расплава на 2°C.

210. Управление образованием пыли в процессе верхней продувки в кислородном конвертере = Technique of controlling dust generation during oxygen top blowing in BOF / Sumi Ikihiro [et al.] // Steel Res. - 2003. - 74, № 1. - С.14-19. - РЖ Металлургия, 03.08-15Б.46. - Англ.; рез. нем.

Предложена математическая модель пылеобразования, в которой скорость образования пыли представлена как функция содержания С в металле и динамического давления верхней кислородной струи по поверхности металла.

211. Фундаментальное математическое моделирование вдувания газа в конвертер АОД = Fundamental mathematical modelling of gas injection in AOD / A. Tilliander, I.L.I. Jonsson, P.G. Jonsson // ISIJ International. - 2002. - 44, № 2. - С. 326-333. - РЖ Металлургия, 04.10-15В.161. - Англ.

Разработана новая математическая трехмерная модель, учитывающая массообмен в условиях трения жидкой и газообразной фаз с использованием нелинейных координат в изотермическом состоянии (1873° К). Начальные условия для сопла представлены отдельной математической моделью для фурм конвертера аргонокислородного обезуглероживания (АОД). Султан потока газа, рассчитанный по модели, качественно напоминал зафиксированный на гидравлической модели.

7. Электросталеплавильное производство

212. Агринский Е.В. Моделирование неравномерности температурного поля металла в дуговой сталеплавильной печи / Е.В. Агринский, С.В. Сюзюмов, Е.А. Федянов // *Электromеталлургия*. – 2006. – № 6. – С. 33-35.

213. Андрианова А.Я. Некоторые вопросы использования интеллектуального управления в дуговых сталеплавильных печах / А.Я. Андрианова, Я.С. Паранчук, А.О. Лозинский // *Электromеталлургия*. – 2004. – № 3. – С. 30-36.

214. Болотов В.Ю. Компьютерное моделирование теплофизических процессов при выплавке стали в ДСП / В.Ю. Болотов, О.И. Павлюченков // Тр. 8 Конгресса сталеплавильщиков, Нижний Тагил, 18-22 окт., 2004. – М., 2005. – С. 290-294. – РЖ *Металлургия*, 06.03-15В.137.

Разработана комплексная универсальная математическая модель тепловой работы ДСП с учетом особенностей современных технологий выплавки стали в дуговых электропечах, которая должна учитывать физико-химические, теплофизические и массообменные процессы, протекающие в ванне ДСП за период выплавки.

215. Вдовин К.Н. Математическая модель процесса электрошлакового переплава / К.Н. Вдовин, А.Н. Юсин, А.А. Подосян // *Электromеталлургия*. – 2004. – № 4. – С. 25-29.

216. Грезина А.В. Математическое моделирование динамики системы электрододержателей дуговых сталеплавильных печей / А.В. Грезина // *Вестник Саратов. гос. техн. ун-та*. – 2004. – №4. – С. 5-10. – РЖ *Металлургия*, 06.03-15В.55.

Работа посвящена актуальной проблеме повышения устойчивости системы электрододержателей мощных дуговых печей. На основе анализа геометрической схемы связей построена математическая модель, описывающая взаимосвязь крутильных колебаний верхних элементов системы электрододержателей с изменением электродинамических сил.

217. Жук Г.В. Моделирование режимов вывода усадочной раковины в цилиндрических слитках ЭЛПЕ / Г.В. Жук, А.Н. Калинин, Н.П. Тригуб // *Пробл. спец. электromеталлургии*. – 2002. – № 1. – С. 23-25.

218. Иванушкин В.А. Математические модели в системе управления дуговой сталеплавильной печи / В.А. Иванушкин, В.Н. Кожеуров, Ф.Н. Сарапулов // *Техника и технология*. – 2005. – № 5. – С. 50-51. – РЖ *Металлургия*, 06.08-15В.64.

Предложено устройство и его математическая модель для определения напряжения и тока дуги.

219. Исследование дегазации стали при электродуговой плавке и циркуляционном вакуумировании / А.Д. Чепурной [и др.] // *Современная электromеталлургия*. – 2004. – № 3. – С. 46-49. – РЖ *Металлургия*, 04.12-15В.164.

Изучено влияние основных технологических параметров при электродуговой плавке и циркуляционного вакуумирования на степень содержания водорода и азота в жидкой стали. В результате математической обработки экспери-

ментальных данных электродуговых плавок выведены уравнения зависимости содержания водорода в стали от скорости окисления углерода, продолжительности восстановительного периода. При вакуумировании - от скорости охлаждения металла, продолжительности вакуумирования и температуры стали.

220. Карпенко С.В. Математическое моделирование электропечного контура трехфазной дуговой сталеплавильной печи / С.В. Карпенко, С.П. Мочалов, В.Д. Сарычев // Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии : тр. 2 Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию каф-ры "Информационные технологии в металлургии", Новокузнецк, 14-17 марта, 2006. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2006. - С. 103-107. - РЖ Металлургия, 06.11-15В.169.

Целью работы является разработка математической модели, позволяющая учитывать, как случайный характер поведения дуги, так и условия среды, в которой горит дуга. Полученная модель позволяет проводить расчеты параметров электрического режима с учетом случайных колебаний действующего напряжения на дуге.

221 Карпенко С.В. Моделирование воздействия теплового излучения электрических дуг на ванну расплава дуговой сталеплавильной печи / С.В. Карпенко, С.П. Мочалов, В.Д. Сарычев // Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии : тр. 2 Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию каф-ры "Информационные технологии в металлургии", Новокузнецк, 14-17 марта, 2006. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2006. - С. 126-130. - РЖ Металлургия, 06.11-15В.167.

Рассмотренная модель теплового излучения дуги на ванну расплава позволяет анализировать воздействие дуг различной длины и мощности. Определение зон наиболее плотного теплового потока на поверхности расплава, позволяет выбрать более эффективный режим ведения плавки.

222 Карпенко С.В. Модельное исследование динамических характеристик электрического режима дуговой сталеплавильной печи вейвлет-методами / С.В. Карпенко, С.П. Мочалов // Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии : тр. 2 Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию каф-ры "Информационные технологии в металлургии", Новокузнецк, 14-17 марта, 2006. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2006. - С. 230-237. - РЖ Металлургия, 06.10-15В.195.

Для выполнения вейвлет-разложения применялся вейвлет Морле, обладающий высоким общим разрешением анализа.

223. Карпенко С.В. Разработка математической модели и компьютерной системы для исследования трехфазных цепей с электрическими дугами / С.В. Карпенко, В.Д. Сарычев, С.П. Мочалов // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2006. - № 6. - С. 48-51.

224. Компьютерное моделирование расплавления металлошихты в дуговой сталеплавильной печи / О.И. Павлюченков [и др.] // Материалы 2 Междунар. науч.-практ. конф. "Автоматизированные печные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии", Москва, 3-5 дек., 2002. - М.: Изд-во "Учеба" МИСиС, 2002. - С. 245-246. - РЖ Металлургия, 03.08-15Б.91.

225. Крылов А.В. Моделирование статических характеристик разомкнутой системы вентильных преобразователь-двигатель электропривода перемещения электродов дуговой сталеплавильной печи / А.В. Крылов, С. Н. Калашников // Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии : тр. 2 Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию каф-ры "Информационные технологии в металлургии", Новокузнецк, 14-17 марта, 2006. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2006. - С. 165-168. - РЖ Металлургия, 06.11-15В.172.

226. Кувалдин А.Б. Влияние продольного смещения нагрузки относительно индуктора на энергетические характеристики и форму поверхности расплава в индукционных тигельных печах / А.Б. Кувалдин, А.Н. Князев // Энерго- и ресурсосбережение - XXI век : материалы 1 Междунар. науч.-практ. интернет-конференции, Орел, июль-ноябрь, 2002. – Орел : Изд-во Орлов. гос. техн. ун-та, 2002. - С.244-246. - РЖ Металлургия, 04.02-15Б.59.

Доработана математическая модель и пакет программ, дающий возможность исследовать влияние продольного смещения загрузки относительно индуктора на энергетические характеристики установки и форму свободной поверхности расплава в индукционных тигельных печах. Пакет программ Dynamics-2 позволяет расчетным путем выбрать оптимальное расположение загрузки относительно индуктора, моделировать форму свободной поверхности расплава, исследовать влияние геометрии на энергетические характеристики печей.

227. Леонович Б.И. Математическая модель окислительного периода коррозионно-стойких сталей в дуговых сталеплавильных печах / Б.И. Леонович, А.Н. Дильдин // Соврем. пробл. электрометаллургии стали : матер. 12 Междунар. конф., Челябинск, 2004. - Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2004. - С. 75-76. - РЖ Металлургия, 05.04-15В.158.

Проведенный анализ по измерению параметров электроплавки свидетельствует о существовании устойчивых связей между технологическими параметрами. Получение по расплавлению металла постоянного состава, заданного температурного режима, наличие информации о характере связей между основными технологическими параметрами электроплавки.

228. Маршук Л.А. Термодинамическое моделирование процесса восстановления кремнием ванадиевого конвертерного шлака переменного состава / Л.А. Маршук, В.И. Жучков // Электрометаллургия. - 2004. - № 8. - С. 21-26.

229. Математическая модель индукционной тигельной печи с кусковой загрузкой / В.Н. Сарапулов и [др.] // Тр. Акад. электротехн. наук Чуваш. Респ. - 2003. - № 1. - С. 30-35. - РЖ Металлургия, 04.01-15Б.79.

Представлена математическая модель индукционной тигельной печи с кусковой загрузкой. Загрузка представляет собой упорядоченную структуру цилиндров, удельные параметры которых можно менять в процессе расчета.

230. Математическая модель теплового состояния расплава в промежуточной емкости электронно-лучевой ёмкости / С.Н. Сергиенко [и др.] // Тр. 3 Междунар. науч.-практ. конф. "Металлургическая теплотехника: история, современное состояние, будущее. К столетию со дня рождения М.А. Глинкова",

Москва, 1-3 февр., 2006. - М. : Изд-во МИСиС, 2006. - С. 524-528. - РЖ Металлургия, 06.12-15Б.72.

Предлагаемая математическая модель отличается от традиционного рассмотрения задачи тем, что граничные условия задачи теплопроводности изменяют свою форму в пространственно-временных координатах в зависимости от положения и скорости движения электронного луча.

231. Математическая модель тепловой работы сверхмощной дуговой сталеплавильной печи по технологии высшего технического уровня / В.Ю. Болтов [и др.] // *Металлургическая теплотехника*. – 2002. - № 8. – С. 42-47. — РЖ Металлургия, 03.10-15Б.82.

Разработана трехмерная математическая модель. Численные расчеты по этой модели позволили установить рациональные режимы энергопотребления печи, сократить потребление электроэнергии, интенсифицировать процесс расплавления шихты путем продувки ванны аргоном через донные вставки.

232. Математическое моделирование процесса взаимодействия кремния с оксидным марганецсодержащим расплавом при прямо легировании стали в печи / О.И. Нохрина [и др.] // *Изв. вузов. Чер. металлургия*. - 2004. - № 4. - С. 18-20. - РЖ Металлургия, 04.09-15А.76.

Разработана математическая модель процесса прямого легирования стали марганцем в дуговой сталеплавильной печи. Модель дает хорошее совпадение с реальными промышленными результатами и позволяет оптимизировать процесс раскисления стали, шлака и шлаковый режим плавки при прямом легировании марганцем из оксидных марганецсодержащих материалов.

233. Математическое моделирование режимов нагрева и выдержки чугуна в магнитодинамическом миксере-дозаторе / Н.И. Тарасевич [и др.] // *Пробл. спец. электрометаллургии*. - 2002. - № 3. - С. 32-35.

234. Математическое моделирование тепловых процессов при разливке чугуна магнитодинамическим миксером-дозатором / М.С. Горюк [и др.] // *Современная электрометаллургия*. - 2006. - № 1. - С. 50-53.

Представлены результаты математического моделирования тепловых процессов при разливке чугуна. Изучены особенности режима разливки.

235. Матросов А.П. Компьютерное моделирование процессов в электрических цепях дуговых печей / А.П. Матросов, Ю.М. Миронов // *Электрометаллургия*. - 2006. - № 6. - С. 27-32.

Разработана математическая модель расчета электрических режимов трехфазных электрических цепей дуговых электропечей с учетом реальной формы вольт-амперной характеристики (ВАХ) дуги и нелинейности токоподвода печи.

236. Минеев Д.В. Инструментальная система для моделирования тепломассообменных процессов в металлургических агрегатах / Д.В. Минеев // *Наука и молодежь : Проблемы, поиски, решения : тр. Всерос. науч. конф. студ., асп. и мол. уч., Новокузнецк, 12-16 мая, 2003. Вып. 7. Ч. 2. Техн. науки*. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2003. - С. 306-307. - РЖ Металлургия, 04.10-15Б.71.

В представленной системе была реализована модель плавления шихты в дуговой сталеплавильной печи ДСП 100И7. На полученной модели можно ис-

следовать нагрев, плавление, кристаллизацию и охлаждение любых материалов, предварительно задав их параметры (плотность, теплоемкость, теплопроводность, начальную температуру). Разработанное средство позволяет реализовать другие модели, описывающие различные металлургические процессы.

237. Нохрин В.И. Разработка математической модели процесса выплавки нержавеющей стали / В.И. Нохрин, Д.В. Нохрина // Актуальные проблемы электрометаллургии стали и ферросплавов : материалы юбилейной научно-практической конференции, Новокузнецк, 17-18 мая, 2001. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2002. - С. 117-118. - РЖ Металлургия, 02.10-15В.181.

На основании физико-химических закономерностей выплавки коррозионно-стойкой стали X18H10T была разработана математическая модель, включающая в себя блоки расчета шихты, корректировки плавки по химическому составу, управления раскислением, легированием титаном. Программа представляет собой ряд электронных таблиц, связанных между собой в определенной последовательности для решения поставленных задач.

238. Попов В.И. Математические модели теплофизических процессов при вакуумном дуговом переплаве / В. И. Попов. — Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2003. — 174 с. — РЖ Металлургия, 04.06-15Б.61К.

Приводятся основы теплофизических процессов при вакуумном дуговом переплаве и методы расчета температурных полей в печи ВДП. На основе математических моделей анализируются усадочные процессы в слитке, условия образования трещин, прогнозируется выход годного металла.

239. Потапов В.И. Математическое моделирование тепловых и электромагнитных процессов при электрошлаковом переплаве / В.И. Потапов, Н.А. Игизьянова // Теория и технология металлургического производства : сб. науч. тр. Вып. 5. Магнитог. гос. техн. ун-т. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2005. - С. 231-236. - РЖ Металлургия, 06.08-15В.128.

240. Потапов В.И. Теплофизические процессы в электрометаллургических печах и повышение их эффективности на основе методов математического моделирования / В.И. Потапов // Современ. пробл. электрометаллургии стали : матер. 12 Междунар. конф., Челябинск, 2004. - Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2004. - С. 153-156. - РЖ Металлургия, 05.05-15Б.36.

Проведена оценка влияния на качество металла ряда факторов: скорости движения охлаждающей воды, толщины стенки кристаллизатора, диаметра электродов, силы тока. Разработана инженерная методика расчета, связывающая основные параметры переплава - диаметр электрода, силу тока, скорость кристаллизации, глубину ванны.

241. Разработка и внедрение программы расчета шихты на ЭВМ / Д.П. Михайлов [и др.] // Актуал. пробл. современ. науки. - 2002. - № 3. - С. 344-346. - РЖ Металлургия, 04.05-15Б.57.

Разработано сервисное обслуживание для расчета шихты, выплавляемой в дуговой печи с использованием таблиц "Excel". Использование данной программы обеспечивает выплавку стали, содержащую в требуемых пределах легирующие элементы и примеси, сократить продолжительность плавки, получить экономический эффект.

242. Разработка математической модели технико-экономических показателей получения и использования сплава для легирования и раскисления стали / А.М. Ковалев [и др.] // *Соврем. пробл. электрометаллургии стали : матер. 12 Междунар. конф., Челябинск, 2004.* - Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2004. - С. 212-213. - РЖ *Металлургия*, 05. 04-15В.141.

Разработанная математическая модель получения сплава типа СиР из отходов различных источников образования. Установлены оптимальные пределы ведущих функциональных зависимостей. Разработанные технологические параметры обеспечивают высокое качество нового продукта и наиболее предпочтительное содержание легирующих и раскисляющих элементов в нем.

243. Сарычев В.Д. Разработка математической модели распределения электрического потенциала в расплаве дуговой сталеплавильной печи / В.Д. Сарычев, С.В. Карпенко, С.П. Мочалов // *Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии : тр. 2 Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию каф-ры "Информационные технологии в металлургии", Новокузнецк, 14-17 марта, 2006.* - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2006. - С. 64-74. - РЖ *Металлургия*, 06.11-15В.170.

Разработанный аналитический метод нахождения электрического потенциала в расплаве позволяет проводить анализ при любой заданной геометрии электродов, а при подключении теплового и гидродинамического модулей создать полную математическую модель поведения шихты на этапе расплавления в ДСП.

244. Статистическая модель материального баланса 100-т печи при производстве жидкого полупродукта / В.А. Маточкин и [др.] // *Сталь.* - 2004. - № 10. - С. 28-30. - РЖ *Металлургия*, 05.04-15Б.62.

На Белорусском металлургическом заводе на основании статистической модели сокращенного баланса разработан программный продукт, позволяющий проводить объективный анализ выплавляемого жидкого металла в печи, остатка его от предыдущей плавки, называемого болотом, металла, слитого в ковш, коэффициентов выхода металла, шлака, металлической пыли и определить нормы расхода материалов при выплавке на 1 т используемой металлической шихты.

245. Теплофизические процессы, протекающие при формировании расходуемых электродов из металлизированных окатышей / В.И. Чуманов [и др.] // *Изв. вузов. Чер. металлургия.* - 2005. - № 11. - С. 14-17.

Полученная математическая модель может служить теоретическим обоснованием выбора технологических параметров расходуемого электрода для электрошлакового переплава.

246. Технологический процесс Consteel на заводе "Ori Martin", Италия // *Новости чер. металлургии за рубежом.* - 2003. - № 3. - С. 34-35. - РЖ *Металлургия*, 04.02-15Б.49.

Рассмотрены процесс выплавки стали в дуговой печи с подогревом скрапа и математическая модель для расчета основных параметров процесса.

247. Удалов Ю.П. К вопросу математического моделирования энергетических режимов дуговых рудно-термических печей / Ю.П. Удалов, Б.А. Лавров, К.Б. Козлов // *Электротермия-2004*. - 2003. - № 11. - С.25-29.

248. Удалов Ю.П. Компьютерное моделирование при оптимизации технологических процессов электротермических производств : докл. науч.-техн. конф. "Электротермия-2004", посвящ. 70-летию каф-ры электротермии СПбГТИ, Санкт-Петербург, 1-4 июня, 2004 / Ю.П. Удалов. — СПб.: Изд-во СПХФА, 2004, 351 с. — РЖ *Металлургия*, 05.05-15В.35К.

Содержатся доклады ведущих специалистов РФ, Украины и Казахстана, освещающие современное состояние научных исследований в области теории и технологии высокотемпературных производств, теории рудно-термических печей, методах математического моделирования физико-химических процессов в ванне дуговой печи, проблемных вопросов технологии графитовых изделий, фосфора, кремния, ферросплавов.

249. Хорьков С.А. Результаты статистического моделирования электропотребления дуговой сталеплавильной печи / С.А. Хорьков, С.А. Кныжов // *Сталь*. - 2005. - № 5. - С.37-38..

250. Чередниченко В.С. Математическое моделирование электромеханических колебаний кабельных гирлянд в дуговых сталеплавильных печах / В.С. Чередниченко, Р.А. Бикеев, М.Г. Кузьмин // *Электротермия-2004*. - 2005. - № 4. - С. 32-35.

251. Шипилов А.С. Использование математических моделей электросталеплавильного процесса для решения задач обучения, исследования и оптимизации / А.С. Шипилов, В.Н. Буинцев // *Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии* : тр. 2 Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию каф-ры "Информационные технологии в металлургии", Новокузнецк, 14-17 марта, 2006. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2006. - С. 168-176. - РЖ *Металлургия*, 06.11-15В.171.

Для решения задач на основе математических моделей шихтовки, обезуглероживания, десульфурации, дефосфорации, нагрева металла разработана комплексная обучающе-исследовательская система "Сталевар ДСП".

252. Шипилов А.С. Математическое обеспечение автоматизированной обучающей системы "сталевар-ДСП" / А.С. Шипилов, В.Н. Буинцев // *Наука и молодежь* : Проблемы, поиски, решения : тр. Всерос. науч. конф. студ., асп. и мол. уч., Новокузнецк, 12-16 мая, 2003. Вып. 7. Ч. 2. Техн. науки. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2003. - С. 310-311. - РЖ *Металлургия*, 04.11-15В.203.

Электросталеплавильный процесс относится к числу многомерных, нестационарных и нелинейных, характеризуется быстротечностью и одновременным протеканием в одном агрегате совокупности взаимосвязанных физико-химических процессов. Основной задачей технологического персонала является выплавка стали с заданным химическим составом и температурой. Эта цель достигается за счет правильного выбора шихтовых материалов. Их этого следует целесообразность создания автоматизированной обучающей системы "Сталевар ДСП" на базе технических и программных средств ПК.

253. Ячиков И.М. Влияние положения подового анода на электромагнитное поле в ванне ДППТ / И.М. Ячиков, И.В. Портнова, В.Н. Манагаров // Теория и технология металлургического производства : сб. науч. тр. Вып. 5. Магнитог. гос. техн. ун-т. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2005. - С. 222-227. - РЖ Металлургия, 06.09-15Б.60.

Посредством компьютерного моделирования получены распределения безразмерных электромагнитных параметров по области ванны при различном положении подового электрода.

254. Ячиков И.М. Моделирование электромагнитных процессов в ванне расплава ДППТ / И.М. Ячиков, И.В. Портнова // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 7. - С. 27-29.

255. Ячиков И.М. Моделирование электромагнитных процессов, протекающих в ванне расплава ДППТ / И.М. Ячиков, И.В. Портнова // Современ. пробл. электрометаллургии стали : матер. 12 Междунар. конф., Челябинск, 2004. - Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2004. - С. 247-249. - РЖ Металлургия, 05.04-15В.167.

Математическое моделирование проводилось для осесимметричной ДППТ с одним осевым катодом. Анодом служит ванна жидкого расплава, к которой подводится плюсовой провод от источника электропитания через один или два круглых подовых электрода, смещенных относительно оси ванны и находящихся, в общем случае, на различном расстоянии от ее оси. Данная задача не является осесимметричной из-за наличия несимметрично расположенных подовых электродов. Для описания трехмерного поля электрических потенциалов использовалось уравнение Лапласа в цилиндрических координатах.

256. Ячиков И.М. Моделирование электромагнитных процессов, протекающих в ванне расплава ДППТ. Сообщение 2. Электрические характеристики ванны дуговой печи постоянного тока с двумя подовыми электродами / И.М. Ячиков, И.В. Портнова, В.Н. Манагаров // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2006. - № 11. - С. 23-26.

257. Ячиков И.М. Моделирование электромагнитных процессов, протекающих в ванне сталеплавильной дуговой печи постоянного тока / И.М. Ячиков, К.Н. Колокольцев // Междунар. науч.-практ. конф. "Металлургия на рубеже XXI века", Новокузнецк, 15-18 июня, 2005 : сб. науч. тр. Т. 2. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2005. - С. 34-41. - РЖ Металлургия, 06.06-15В.137.

Создана компьютерная программа "Ванна-ЭМП2", позволяющая для произвольных геометрических и технологических параметров дуговой печи, получать результаты по распределению электрических потенциалов, напряженности электрических и магнитных полей в табличном и графическом видах.

258. Математическая модель вспенивания шлака в дуговой сталеплавильной печи = Model of slag foaming in electric arc furnaces / Karbowniczek Mirosław // 7 European Electric Steelmaking Conference, Venice, 26-29 May, 2002 : Proceedings. Vol. 1. - Milano : AIM, 2002. - С. 1/503-1/512. - РЖ Металлургия, 03.11-15А.37. - Англ.

Изучено влияние свойств шлака на его вспенивание. Предложена математическая модель процесса при вдувании углерода в шлак дуговой сталеплавильной печи.

259. Математическая модель электрической дуги для исследования электродинамических процессов в сталеплавильных печах = Mathematical model of electric arc for investigation of thermal electrodynamic processes in steel melting furnaces / Vasyl I. Hudym, Zenovia V. Lesnyak // Elektrotechn. i elektron. - 2005. - 24, № 1. - С. 57-59. - РЖ Metallurgia, 06.12-15В.133. - Англ.; рез. пол.

Предложены упрощенная модель электрической дуги, а также уравнения для расчета термодинамических и электрических параметров модели.

260. Математическое моделирование электрической дуги постоянного тока. Часть 1. Анализ характеристик дуги постоянного тока = Mathematical modeling of a direct current electric arc. Pt. Analysis of the characteristics of a direct current arc / Ramirez Marco, Trapaga Gerardo // Met. and Mater. Trans. B. - 2004. - 35, № 2. - С. 363-372. - РЖ Metallurgia, 05.04-15Б.65. - Англ.

Проведено математическое моделирование электрической дуги в условиях электродуговой печи постоянного тока, позволившее рассчитать поля скоростей, температур, плотности тока, плотности магнитного потока, электропроводности и электрического потенциала. Форма этих полей позволяет оценить конфигурацию дуги и установить ее расширение в области, прилегающей к поверхности ванны. Границей струи можно считать изотерму 10000° К.

261. Математическое моделирование электрической дуги постоянного тока : Часть II. Безразмерное представление дуги постоянного тока = Mathematical modeling of a direct current electric arc. Pt. II. Dimensionless representation of a direct current arc / Ramirez Marco, Trapaga Gerardo, Garduno-Esquivel Judith // Met. and Mater. Trans. B. - 2004. - 35, № 2. - С. 373-380. - РЖ Metallurgia, 05.04-15Б.64. - Англ.

На основании результатов математического моделирования, представленного в ч. I, получены безразмерные зависимости относительных параметров дуги и их распределения по радиусу и длине дуги.

262. Моделирование дожигания отходящих газов дуговых печей в системах газоочистки с использованием методов компьютерной гидродинамики = Modelling of EAF off-gas post combustion in dedusting system using CFD methods / Tang Hing [et al.] // Steel Res. - 2003. - 74, № 4. - С. 201-210. - РЖ Metallurgia, 03.09-15Б.89. - Англ.; рез. нем.

Моделировался процесс дожигания (определялись поля скоростей, температур и концентраций CO, CO₂ и O₂) в отходящих газах.

263. Моделирование наплавления вакуумно-дугового перепада: применение к специальным сталям = Transient VAR ingot growth modelling application to specialty steels / T. Quatravaux [et al.] // Mater. Sci. - 2004. - 39, № 24. - С. 7183-7191. - РЖ Metallurgia, 05.05-15В.161. - Англ.

Проведено численное моделирование турбулентности и геометрии ванны при ВДП специальных сталей. Изучена связь между электромагнитным перемешиванием и турбулентцией ванны.

264. Моделирование полей скоростей при вакуумном индукционном плавильном процессе = Modeling of velocity field for vacuum induction melting process / Chen Bo [et al.] // Trans. Nonferrous Metals Soc. China. - 2005. - 15, № 2. - С. 447-451. - РЖ Металлургия, 05.09-15Б.65. - Англ.

Представлены результаты цифрового моделирования рециркуляционного движения расплава в цилиндрическом тигле вакуумной индукционной печи. Получена зависимость высоты мениска от частоты и мощности.

265. Модели расчета шихты и легирования для выплавки специальной стали / Zhang Guang-jin [et al.] // Cailiao yu yejin xuebao = J. Mater. and Met. - 2004. - 3, № 2. - С. 95-98. - РЖ Металлургия, 06.01-15А.96.-Кит.; рез. англ.

Разработаны основная расчетная модель и соответствующие расчетные модели и программы частных моделей расчета шихты, легирования, оценки веса жидкой стали.

266. Моделирование температурного режима дуговой сталеплавильной печи различными методами и влияние шумовыделения = Temperature modelling for EAF using hybrid methods and noise influence / Rendueles Jose Luis [et al.] // 7 European Electric Steelmaking Conference, Venice, 26-29 May, 2002 : Proceedings. Vol. 1. Milano : AIM, 2002. - С. 1/285-1/292 - Англ. - РЖ Металлургия, 03.10-15В.166.

Разработанная модель, учитывающая различные параметры плавки и параметры шума позволяет предсказывать температуру ванны с точностью до 25°C.

267. Определение температурных полей в слитке высокоазотистой конструкционной стали при электрошлаковом переплаве = Determination of the temperature fields of ingot from high nitrogen steel, produced by ESRP / H. Argirov [et al.] // J. Mater. Sci. and Technol. - 2003. - 11, № 4. - С. 52-58. - РЖ Металлургия, 04.12-15Б.13. - Англ.

Проведено компьютерное моделирование температурных полей в слитке высокоазотистой конструкционной стали 30 Cr₂Ni₂MoN₂V, получаемой путем электрошлакового переплава (ESRP). Установлена зависимость для предсказания структуры слитка.

268. Совершенствование технологии плавки в периоды плавления и рафинирования = Improvement of the scheduling of the burning period and of the refining period / Foglia U. Della, C. Mapelli // 7 European Electric Steelmaking Conference, Venice, 26-29 May, 2002 : Proceedings. Vol. 2. - Milano : AIM, 2002. - С. 2/219-2/227. - РЖ Металлургия, 03.12-15В.128. - Англ.

Развита математическая модель использования топливно-кислородных горелок в дуговых сталеплавильных печах, позволяющих рассчитать количество горелок, интенсивность вдувания газа, кислорода и углерода.

269. Цифровое моделирование сверхзвуковой кислородной фурмы электродуговой печи = Numerical simulation of a supersonic oxygen lance for industrial application in EAFs / Malfa Enrico [et al.] // MPT Int. - 2005. - 28, № 2. - С. 44-46, 48, 50. - РЖ Металлургия, 05.09-15Б.64. - Англ.

Инжекционные системы КТ повышают эффективность работы электродуговых сталеплавильных печей. Системы КТ установлены в стенах печи выше

уровня ванны и работают как горелки в период плавления скрапа и как сверхзвуковые продувочные фурмы в период рафинирования. С помощью программ расчетной гидродинамики проведено моделирование системы КТ.

270. Численное моделирование шлаковых потоков в дуговой печи = Numerical modelling of slag flows in an electric gurnace / J.L. Xia, T. Ahoka inen // Scand. J. Met. - 2004. - 33, № 4. - С. 220. - РЖ Metallургия, 05.07-15В.147. - Англ.

Развита трехмерная математическая модель гидродинамики и теплопереноса в дуговой печи. Показано, что температура шлака вблизи электродов резко повышается.

8. Внепечная обработка

271. Бигеев В.А. Совершенствование работы участка ковшевой обработки ККЦ ОАО "ММК" / В.А. Бигеев, А. А. Даровских // Вестник МГТУ. - 2005. - № 1. - С. 12-14. - РЖ Metallургия, 05.12-15В.149.

В работе представлена математическая модель работы участка ковшевой обработки сталеплавильного цеха в условиях его реконструкции. Создана имитационная математическая модель, воссоздающая функционирование цеха с высокой точностью, что позволяет выдавать рекомендации по проектированию и оптимизировать работу существующих цехов в реальном времени.

272. Величко А.Г. Неравновесность реакций удаления кислорода и водорода из металла при вакуумировании в ковшах с продувкой аргоном / А.Г. Величко, Ю.Н. Яковлев // Теория и практика металлургии. - 2003. - № 4. - С. 19-22. - РЖ Metallургия, 04.03-15В.178.

На математической модели проведено исследование процесса вакуумной обработки стали в ковшах с одновременной продувкой аргоном. Удаление кислорода из металла происходит главным образом в пузырьки СО. Удаление водорода происходит главным образом в пузырьки аргона и через поверхность.

273. Веревкин В.И. Математическое моделирование процессов тепло-массопереноса в ковше с учетом переноса кремния в стали / В.И. Веревкин, А.Ф. Штайгер, С.Н. Калашников // Вестн. Рос. акад. естеств. наук. Зап.-Сиб. Отделение. - 2002. - № 5. - С. 112-119. - РЖ Metallургия, 03.11-15А.53.

Приводится разработка математической модели конвективного теплообмена расплава в ковше при его продувке инертным газом или порошкообразным материалом через погружную футерованную фурму.

274. Гизатулин Р.А. Математическое моделирование гидродинамики при продувке расплава / Р.А. Гизатулин, Е.В. Протопопов // Соврем. пробл. электрометаллургии стали : матер. 12 Междунар. конф., Челябинск, 2004. - Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2004. - С. 134-1376. - РЖ Metallургия, 05.04-15В.180.

Разработанная математическая модель гидродинамических процессов в ковше в период продувки через верхнюю фурму и пористую вставку позволяет

изучить характер поведения расплава в ковше, что необходимо при дальнейшем изучении тепло- и массопереносных процессов на этом этапе.

275. Зайцев А.И. Физико-химические и компьютерные модели процессов внепечной обработки стали / А.И. Зайцев, Б.М. Могутнов, Н.Г. Шапошников // Материалы 2 Междунар. науч.-практ. конф. "Автоматизированные печные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии", Москва, 3-5 дек., 2002. - М.: Изд-во "Учеба" МИСиС, 2002. - С. 159-160. - Металлургия, 03.10-15В.137.

В ГНЦ ЦНИИчермет им. И.П. Бардина созданы физико-химические модели процессов внепечной обработки стали на уровне основополагающих химических реакций. Это позволило разработать комплекс прикладных программ, предназначенный для решения практических задач по управлению внепечной обработкой стали.

276. Захаров Н.И. Процессы переноса в жидком металле в условиях "электродинамической индукции" / Н.И. Захаров // Промышленная теплотехника. - 2005. - 27, № 3. - С. 17-20.

277. Кассов В.Д. Математическое моделирование температурного поля сердечника порошковой проволоки / В.Д. Кассов // Вісн. Приазов. держ. техн. ун-ту.— № 14. – С. 241-244. - РЖ Металлургия, 05.02-15В.183.

278. Кучаев А.А. Исследование распределения объемных электродинамических усилий в установке ковш-печь с индукционным перемешиванием жидкой стали / А.А. Кучаев // Процессы литья. - 2003. - № 3. - С. 25-28. - РЖ Металлургия, 04.03-15В.175.

Рассмотрены результаты математического моделирования электродинамических усилий в установке ковш-печь с электродуговым нагревом и индукционным перемешиванием.

279. Математическая модель изменения уровня металла при ковшовом вакуумировании / О.Н. Кукушкин [и др.] // Теория и практика металлургии. - 2003. - № 1. - С.27- 32. - РЖ Металлургия, 03.12-15В.148.

Определены факторы, влияющие на изменение уровня расплава при ковшовой вакуумной обработке стали. Методом динамической идентификации получены уравнения, описывающие медленные изменения уровня расплава при вакуумировании.

280. Математическая модель продувки жидкого металла инертными газами / И.Ф. Селянин [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2004. - № 8. - С. 31-34.

281. Математическое моделирование процесса растворения углерода при перемешивании расплава и порошковых материалов / А.Н. Чичко [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 12. - С. 38-41.

282. Моделирование гидродинамического перемешивания и растворения проволоки в ковше / А.Н. Чичко [и др.] // Металлургия машиностроения. – 2005. - № 5. – С. 6-10.

Цель работы – моделирование с использованием новых компьютерных технологий процесса растворения углеродсодержащей проволоки для различных скоростей ее ввода в промышленный ковш. Разработана математическая

модель, позволяющая рассчитать поля скоростей, концентраций углерода, плотностей порошка в трехмерном случае при изменении времени процесса перемешивания.

283. Моделирование тепловой работы футеровки металлургических ковшей / В.С. Стариков [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2002. - № 10. - С.55-56.

284. Расчет удаления неметаллических включений из расплавленной стали на установке ковш-печь путем флотации / И.В. Квасов [и др.]; Донецкий нац. техн. ун-т. - Деп. в ГНТБ Украины 03.10.2005, № 54-Ук2005. - РЖ Металлургия, 06.06-15В.148Деп. - Библ. 5. - Рус.

В статье описаны методика и результаты математического моделирования процесса удаления неметаллических включений путем флотации пузырьками газа во время обработки стали на установке ковш-печь.

285. Толстолицкий А.А. Анализ и оптимизация технологии выплавки и внепечного рафинирования стали с использованием обобщенной термодинамической модели сталеплавильных процессов : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / А.А. Толстолицкий. — Москва : Моск. гос. ин-т стали и сплавов, 2004. — 24 с. — РЖ Металлургия, 05.01-15В.134Д.

Разработана обобщенная модель расчета равновесия в системе "металл – шлак - газовая фаза" на основе совместного решения системы уравнений равновесия и материального баланса, применимая к условиям плавки стали в различных сталеплавильных агрегатах. предложено рассматривать шлак, как раствор соединений типа RA_n .

286. Трубицына Г.Н. Оптимальное управление процессом продувки металла высокотемпературной газопорошковой струей / Г.Н. Трубицына, М.Г. Трубицына // Материалы 2 междунар. науч.-практ. конф. "Автоматизированные печные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии", Москва, 3-5 дек., 2002. - М. : Изд-во "Учеба" МИСиС, 2002. - С. 315-317. - РЖ Металлургия, 03.08-15В.143.

Разработанная математическая модель описывает основные закономерности процессов теплообмена при продувке металла и позволяет определить технологические параметры при достижении необходимого теплового состояния металла для различных коэффициентов загрузки газового потока, температуры подогрева ковша, начальной температуры металла и времени продувки.

287. Чичко А.Н. Гидродинамическая модель перемешивания струей аргона порошкообразного материала в вакууматоре / А.Н. Чичко, Н.В. Андрианов, С.В. Терлецкий // Сталь. - 2005. - № 6. - С. 69-71. - РЖ Металлургия, 05.12-15В.195.

На основе компьютерных расчетов методом клеточно-автоматного моделирования установлен характер распределения гидродинамических скоростей расплава (циркулирующих потоков) в промышленном ковше БМЗ и вакууматоре для разных временных интервалов перемешивания.

288. Чичко А.Н. Моделирование процесса растворения углеродсодержащих порошков при обработке стали в ковше / А.Н. Чичко, Н.В. Андрианов,

С.В. Терлецкий // Сталь. - 2005. - № 5. - С. 23-27. - РЖ Metallurgy, 05.12-15A.37.

Рассмотрена математическая модель гидродинамического процесса перемешивания расплава и углеродсодержащих порошков, позволяющая оценить в пространстве и во времени динамику насыщения расплава углеродом.

289. Яковлев Ю.Н. Математическая модель окисления углерода в жидкой стали при вакуумировании в ковшах / Ю.Н. Яковлев, А.Г. Величко, Л.В. Камкина // Фундаментальные исследования физикохимии металлических расплавов : памяти академика А.М. Самарина. - М.: Академкнига, 2002. - С. 381-387. - РЖ Metallurgy, 03.07-15A.69.

Полное решение задачи окисления углерода при вакуумировании возможно при объединении математических моделей процессов, происходящих на макро- и микро-уровнях.

290. Яковлев Ю.Н. Математическая модель удаления кислорода и водорода из металла в газовую фазу при вакуумировании в ковшах / Ю.Н. Яковлев, А.Г. Величко // Висн. Приазов. держ. техн. ун-ту. - 2002. - № 12. - С.43-46. - РЖ Metallurgy, 03.07-15B.149.

291. Исследование перемешивания в вакууматорах RH с использованием математического моделирования = Mixing evaluation in the RH process using mathematical modelling / Ajmani Satish Kumar [et al.] // ISIJ International. - 2004. - 44, 31. - С. 82-90. - РЖ Metallurgy, 04.07-15B.12. - Англ.

Разработана математическая модель и проведено компьютерное моделирование движения расплавленной стали в ковше вакууматора RH. Рассчитано время перемешивания для различных размеров опускающей трубы, глубины погружения труб в металл и скорости стали в ковше.

292. Кинетическая модель дефосфорации жидкого чугуна при вдувании флюса в торпедо - ковше / Luo Zhiguo [et al.] // Cailiao yu yejin xuebao = J. Mater. and Met. - 2002. - 1, № 4. - С. 263-267. - РЖ Metallurgy, 04.03-15B.130. - Кит.; рез. англ.

Разработана математическая кинетическая модель дефосфорации жидкого чугуна в торпедо - ковшах при вдувании порошкообразного флюса (СаО) с учетом времени смешения и времени пребывания СаО в металле. Установлено влияние параметров продувки на дефосфорацию и десульфурацию чугуна.

293. Математическая модель роста и удаления включения в ковше, перемешиваемом множеством газовых струй = Mathematical model for growth and removal of inclusion in a multi-tuyere ladle during gas-stirring / Wang Li Tao [et al.] // ISIJ International. - 2005. - 45, № 3. - С. 331-337. - РЖ Metallurgy, 05.10-15B.9. - Англ.

Разработана трехмерная математическая модель роста и удаления неметаллических включений в ковше, перемешиваемых несколькими струями. В модели эффективность роста и удаления включений рассматривается в трех

различных механизмах столкновений (броуновском, турбулентном и стоксовском).

294. Математическая модель роста и удаления включений в расплавленной барботируемой стали = Mathematical model for growth and removal of inclusions in molten steel under gas-stirring condition / Wang Li Tao [et al.] // Steel Res.Int. - 2006. - 77, № 1. - С. 25-31. - РЖ Metallургия, 06.07-15Б.9. - Англ.

Разработана трехмерная математическая модель для описания роста и удаления неметаллических включений из расплавленной стали в ковше при донной продувке.

295. Математическая модель состояния и развития процесса циркуляционной дегазации RH / Fan Jian -feng, Wang Jian-jin // Anhui gongye dahue xuebao = J. Anhui Univ. Technol. - 2002. - 19, № 1. - С.29-33. - РЖ Metallургия, 02.09-15В.187. - Кит.; рез. англ.

Приведено математическое описание, структура модели и направления дальнейшего развития.

296. Математическое моделирование движения расплавленной стали в дегазаторе RH в процессе вакуумного циркуляционного рафинирования: математическая модель движения = Mathematical modelling of molten steel flow process in a whole RH-degasser during the vacuum circulation refining process : mathematical model of the flow / Wei Ji-He, Hu Han-Tao // Steel Res.Int. - 2006. - 77, № 1. - С. 32-46. - РЖ Metallургия, 06.07-15Б.8. - Англ.

Разработана трехмерная математическая модель движения расплавленной стали в вакуумном дегазаторе. Ковш, патрубки и вакуумная камера рассматривались как единое целое.

297. Математическое моделирование обезуглероживания и дегазации при циркуляционном вакуумировании жидкой стали = Mathematical modelling of decarburisation and degassing during vacuum circulation refining process of molten steel: application of the model / Wei Ji-He, Yu Neng-Wen // Steel Res. - 2002. - 7, № 3. - С. 143-148. - РЖ Metallургия, 05.01-15А.73. - Англ.; рез. нем.

Результаты моделирования применения к дегазаторам типа RH и RH-КТВ. В дегазаторе RH-КТВ обезуглероживание протекает быстрее. Содержание 0,002 % С может быть получено на 3-4 мин. быстрее. Кроме того, при использовании дегазатора RH-КТВ можно выпускать сталь из конвертера с более высоким содержанием.

298. Математическое моделирование потока жидкой стали в дегазаторе RH в процессе циркуляционной обработки: использование модели и результатов = Mathematical modelling of molten steel flow process in a whole RH degasser during the vacuum circulation refining process: application of the model and results / Wei Ji-He, Hu Han-Tao // Steel Res.Int. - 2006. - 77, № 2. - С. 91-96. - РЖ Metallургия, 06.09-15А.70. - Англ.

Разработана трехмерная математическая модель, отражающая характерные особенности потоков жидкой стали в ходе дегазации на промышленной установке и на ее гидравлической модели. Математическое моделирование показало такие особенности потоков, как адгезионное течение жидкой среды во

всасывающем патрубке, по оси которого поступает газо-металлическая эмульсия.

299. Математическое моделирование процесса обезуглероживания в вакууматоре / Yin Xiaodong, Huang Zongge, Gu Wenbing // Jinsu xuebao = Acta met. sin. - 2005. - 41, № 8. - С. 876-880. - РЖ Metallургия, 06.04-15В.172. - Кит.; рез. англ.

На основе уравнений сохранения массы и момента с учетом кинетических соотношений разработана математическая модель, описывающая процессы движения и обезуглероживания расплавленной стали в вакууматоре.

300. Моделирование перемешивания в ковше, оснащенный двумя фурмами = Modelling of mixing in ladles fitted with dual plugs / M. Madan, D. Satish, D. Mazumdar // ISIJ International. - 2005. - 45, № 5. - С. 677-685. - РЖ Metallургия, 05.11-15В.179. - Англ.

Использовали математическое и физическое моделирование для изучения процессов перемешивания жидких металлов и шлака в ковше газом (азот или аргон), вдуваемым через две донных фурмы, расположенные друг против друга на половину радиуса днища ковша. Математическое моделирование лучше физического согласуется с результатами фактических измерений. При этом расчеты по упрощенной квазиоднофазной модели перемешивания дают вполне удовлетворительные результаты.

301. Модель процесса сепарации включений при перемешивании в сталеразливочном ковше = Process model of inclusion separation in a stirred steel ladle / M. Hallberg [et al.] // Scand. J. Met. - 2005. - 34, № 1. - С. 41-56. - РЖ Metallургия, 05.08-15В.118. - Англ.

Разработана математическая модель, пригодная для производственного процесса, позволяющая определить общее содержание кислорода в металле и распределение включений по размерам в объеме перемешиваемого газом металла.

302. Модельные исследования удаления включений флотацией пузырьками газа в промежуточном ковше = Modelling study of inclusions removal by bubble flotation in the tundish / A. Ramos-Banderas [et al.] // Steel Res.Int. - 2006. - 77, № 5. - С. 325-335. - РЖ Metallургия, 06.12-15А.92. - Англ.

Математическая двухфазная модель для системы газ-жидкость включала Эйлер-Эйлерово приближение и представление Лагранжа для траекторий твердых частиц. Эффективность удаления включений в промежуточном ковше при вдувании газа не зависела от размера частиц и средств контроля жидких потоков.

303. Новая цифровая модель для прогнозирования концентрации углерода в вакууматоре RH = A new numerical model for predicting carbon concentration during RH / Park Young-Geun, Yi Kyung-Woo // ISIJ International. - 2003. - 43, № 9. - С. 1403-1409. - РЖ Metallургия, 04.05-15В.140. - Англ.

Разработана цифровая модель обезуглероживания в вакууматоре RH, включающая модели движения газов, металла и химических реакций. Протекающие реакции обезуглероживания рассматривались для каждой реакционной области с учетом термодинамических и кинетических соотношений.

304. Основанная на модели оптимизация ввода алюминиевой проволоки в расплавленную сталь = Model based optimisation of aluminium wire injection in steel melts / Sanyal Sarbendu, Chandra Sanjay, Bhanu Chaitanya // ISIJ International. - 2006. - 46, № 5. - С. 779-781. - РЖ Metallurgia, 06.12-15Б.32. - Англ.

Разработана математическая модель поведения алюминиевой проволоки, вводимой в расплавленную сталь. С помощью модели получено, что плавление проволоки в зависимости от рабочих условий может происходить с образованием стальной корочки или без нее. Образование стальной корочки затрудняет плавление и позволяет более глубокое погружение проволоки.

305. Цифровое исследование хаотического смешивания в перемешиваемом газом сталеплавильном ковше = Numerical investigation of chaotic mixing in gas stirred steel ladles / Ganguly Suvankar, Kumar Alope, Chakraborty Suman // ISIJ International. - 2004. - 44, № 11. - С. 1960-1962. - РЖ Metallurgia, 05.07-15В.184. - Англ.

Проведено цифровое исследование перемешивания расплавленной стали в цилиндрическом сосуде донной осевой струей Ar. Получены поля скоростей стали и концентраций твердых частиц, а также их траектории.

306. Цифровое моделирование движения стали в промежуточном ковше при донной продувке / Zhang Guifang, Shen Houfa, Wang De // Gand tie fan tai = Iron Steel Vanadium Titanium. - 2005. - 26, № 4. - С. 43-46. - РЖ Metallurgia, 06.09-15Б.10. - Кит.; рез. англ.

307. Цифровое моделирование движения стали в промежуточном ковше при донной продувке / Zhang Meijie [et al.] // Gand tie fan tai = Iron Steel Vanadium Titanium. - 2005. - 26, № 4. - С. 43-46. - РЖ Metallurgia, 06.09-15Б.10. - Кит.; рез. англ.

9. Разливка стали

308. Багмутов В.П. Комплексное экспериментальное и численное исследование усадочных дефектов крупных стальных слитков / В.П. Багмутов, С.И. Жульев, И.Н. Захаров // Тяжелое машиностроение. - 2005. - № 7. - С. 13-16. - РЖ Metallurgia, 05.12-15В.234.

Проведенный сопоставительный анализ свидетельствует о достигнутом удовлетворительном соответствии экспериментальных данных и данных математического моделирования по программе Crystal, при этом погрешность расчетных результатов для большинства исследованных слитков соответствует естественному разбросу опытных данных о размерах усадочной раковины.

309. Багмутов В.П. Математическое моделирование тепловых процессов в ходе затвердевания крупного стального слитка / В.П. Багмутов, И.Н. Захаров // Сталь. - 2006. - № 3. - С. 28-33.

310. Багмутов В.П. Математическое моделирование формирования макро- и микропористости стального слитка / В.П. Багмутов, И.Н. Захаров // Сталь. - 2006. - № 9. - С. 22-27.

311. Багмутов В.П. Моделирование градиентных структурных состояний в стальном слитке / В.П. Багмутов // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2003. - № 10. С. 52-56.

312. Багмутов В.П. Моделирование процессов формирования кристаллических зон в ходе затвердевания крупного слитка / В.П. Багмутов, И.Н. Захаров // Сталь. - 2006. - № 6. - С. 53-58.

313. Волкова О. Моделирование температурных полей в сталеразливочных ковшах с футеровкой из доломитовых кирпичей или высокоглиноземистой массы / О. Волкова, Д. Янке // Черные металлы. - 2003. - № 2. - С. 26-31.

314. Кувалдин А.Б. Математическое моделирование регулируемого охлаждения изделий прямоугольного сечения с использованием индукционного нагрева при ограничениях на термонапряжения / А.Б. Кувалдин, А. Р. Лепешкин // Электрометаллургия. - 2003. - № 1. - С. 13-20.

315. Поплавский Е.В. Математическое моделирование кристаллической структуры и усадочных дефектов крупных стальных слитков / Е.В. Поплавский, Е.Б. Захаров // 10 регион. конф. мол. ученых исследователей Волгоградской области, Волгоград, 8-11 нояб., 2005 : тез. докл. Направление 1-5. - Волгоград : Политехник, 2006. - С. 157-158. - РЖ Металлургия, 07.01-15В.205.

Рассматриваются результаты математического моделирования кристаллической структуры и дефектных зон крупного стального слитка массой 24,2 т.

316. Результаты моделирования напряженного состояния стальных слитков при затвердевании / С.И. Жульев [и др.] // Сталь. - 2006. - № 7. - С. 20-22.

В данной статье описывается разработанный комплекс Crystal, моделирующий процессы кристаллизации стальных слитков массой 125 т с одновременным анализом напряженного состояния. Данный комплекс включает многоуровневую адаптивную систему пяти взаимосвязанных математических моделей тепловых процессов, кристаллической структуры и напряженного состояния твердого тела на всех этапах формирования в ходе затвердевания жидкого металла.

317. Сибирь А.В. Численное исследование процесса затвердевания слитка на участке "разливка - нагревательный колодец" / А.В. Сибирь, В.М. Ольшанский, В. И. Гупало / Металлургическая теплотехника. - 1002. - № 7. - С. 67-74. - РЖ Металлургия, 03.10-15В.27.

Представлена трехмерная математическая модель процесса затвердевания слитков кипящих и полуспокойных марок стали в изложницах и на воздухе при несимметричных граничных условиях.

318. Анализ распределения растворенных элементов при затвердевании низколегированных сталей = Analysis of solute distribution during the solidification of low alloyed steels / Cicutti carlos, Boeri Roberto // Steel Res.Int. - 2006. - 77, № 3. - С. 194-201. - РЖ Металлургия, 06.09-15А.74. - Англ.

Разработана математическая модель оценки междендритной сегрегации при затвердевании многокомпонентной низколегированной стали.

319. Математическая модель теплопередачи при слитковой и непрерывной разливке / R. Ghasemzaden // Acta Met. Sin. - 2004. - 17, № 6. - С. 776-784. - РЖ Metallurgia, 06.05-15Б.9. - Англ.

320. Математическое моделирование динамики жидких потоков во время операций выпуска стали из сталеразливочного ковша = Mathematical simulation of fluid dynamics during steel draining operations from a ladle / O. Davila, R.D. Morales, L. Garsia Demedices // Met. and Mater. Trans. B. - 2006. - 37, № 1. - С. 71-87. - РЖ Metallurgia, 06.10-15В.200. - Англ.

321. Трехмерная математическая модель затвердевания больших стальных слитков = Threed imensional mathematical model of the solidification of large steel ingots / V. Grozdanic // Metalurgija (Zagreb). - 2006. - 45, № 2. - С.103-107. - РЖ Metallurgia, 06.08-15Б.19. - Англ.; рез. хорват.

Разработана трехмерная математическая модель затвердевания слитка в металлической изложнице. Учет зависимости теплофизических свойств стали от температуры делает модель линейной. Расчеты методом конечных разностей позволяет установить время затвердевания, оптимальное время разведения слитка, толщину твердой корки и т.д.

322. Физическое и математическое моделирование явлений термического расслоения в сталеразливочных ковшах = Physical and mathematical modelling of thermal stratification phenomena in steel ladles / Pan Yuhua // ISIJ International. - 2002. - 42, № 6. - С. 614-623. - РЖ Metallurgia, 03.05-15В.236. - Англ.

Термическое расслоение изучали в лабораторных условиях, используя горячую воду в уменьшенной в четыре раза модели сталеразливочного ковша с водоохлаждаемыми стенками.

10. Непрерывная разливка стали

323. Багмутов В.П. Математическое моделирование и экспериментальное исследование физической неоднородности и напряженного состояния крупных стальных слитков / В.П. Багмутов, С.И. Жульев, И.Н. Захаров // Тяжелое машиностроение. - 2006. - № 4. - С. 14-19. - РЖ Metallurgia, 06.11-15В.203.

324. Батраева А.Е. Математическое моделирование усадочных напряжений в системе стабилизации качества заготовок / А.Е. Батраева, Б.Н. Парсункин, А.Ю. Светлов // Электротехнические системы и комплексы : межвуз. сб. науч. тр. Вып. 11. Магнитог. гос. техн. ун-т. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2005. - С. 109-113. - РЖ Metallurgia, 05.08-15В.221.

Математическая модель усадочного напряжения при непрерывном литье позволяет рассчитать значение усадочного напряжения, обеспечить бесперебойный процесс литья.

325. Гулыга Д.В. Моделирование динамики температуры металла в сталеразливочном ковше на участке конвертер - МНЛЗ / Д.В. Гулыга, А.В. Сущенко // Сталь. - 2004. - № 9. - С. 15-19.

326. Демиденко Л.Л. Использование математического моделирования для расчета температурного поля непрерывно-литого слитка / Л.Л. Демиденко // Автоматизация технол. и произв. процессов в металлургии : межвуз. сб. науч. тр. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2004. - С. 77-80. - РЖ Металлургия, 05.05-15В.201.

Для оценки возможности использования прямой прокатки необходимо разработать математическую модель расчета температурного поля непрерывно-литого слитка. Для решения данной задачи была разработана двумерная математическая модель, в основу которой было положено уравнение теплопроводности с учетом скрытой теплоты кристаллизации при помощи введения эффективной теплоемкости.

327. Демиденко Л.Л. Математическое моделирование охлаждения непрерывно-литого слитка в МНЛЗ для обеспечения прямой прокатки / Л.Л. Демиденко // Новые программные средства для предприятий Урала : сб. тр. Регион. науч.-техн. конф., Магнитогорск, 2002. Вып. 1. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2002. - С. 29-34. - РЖ Металлургия, 03.09-15В.182.

328. Демиденко Л.Л. Математическое моделирование процессов охлаждения и затвердевания непрерывно-литого слитка / Л.Л. Демиденко, Ю.А. Демиденко // Литейные процессы : Межрегион. сб. науч. тр. Вып. 4. Магнитогос. техн. ун-т. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2004. - С. 162-166. - РЖ Металлургия, 05.07-15В.194.

В результате математического моделирования процессов показано пространственное изменение температурного поля во времени в зависимости от интенсивности охлаждения и закономерности его изменения при варьировании внешних условий.

329. Демченко Е.Б. Формирование начальной корки непрерывно-литой заготовки на мениске расплава / Е.Б. Демченко, Е.Н. Марукович // Металлургия машиностроения. - 2006. - № 2. - С. 15-18. - РЖ Металлургия, 06.10-15В.229.

Предложена математическая модель, которая позволяет рассчитать кинетику затвердевания полой цилиндрической отливки при вертикальном непрерывном литье с односторонним подводом расплава в кристаллизатор. Дифференцированный учет теплоты перегрева дает возможность определить реальное положение фронта кристаллизации, его асимметричность относительно периметра и высоты отливки.

330. Дюдкин Д.А. Математическое моделирование потоков металла в трехсекционном промежуточном ковше слябовой МНЛЗ / Д.А. Дюдкин, А.Я. Бабанин // Металлургическая и горнорудная промышленность. - 2006. - № 4. - С. 47-50.

Методом математического моделирования проведены исследования циркуляционных потоков в трехсекционном промежуточном ковше, определена их скорость движения в приемной и разливочной секциях.

331. Зайцев А.В. Исследование процесса получения непрерывно-литых деформированных заготовок на литейно-ковочном модуле : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / А.В. Зайцев. — Комсомольск-на-Амуре : Комс. на Амуре гос. техн. ун-т, 2004. — 24 с. — РЖ Metallургия, 05.04-15В.210Д.

Разработана математическая модель формирования напряженно-деформированного состояния НЛДЗ в процессе ее изготовления. Установлена связь диаграмм состояния заливаемых расплавов с основными технологическими параметрами процесса получения НЛДЗ.

332. Запевин П.В. Математическое моделирование процесса охлаждения непрерывно-литой заготовки / П.В. Запевин // Новые программные средства для предприятий Урала : сб. тр. Регион. науч.-техн. конф., Магнитогорск, 2002. Вып. 1. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2002. — С. 97-103. — РЖ Metallургия, 03.10-15Б.23.

333. Казачков Е.А. Структура непрерывно-литого сляба при различных условиях его охлаждения в зоне вторичного охлаждения / Е.А. Казачков, А.В. Федосов, А.И. Корниенко // Междунар. науч.-практ. конф. "Metallургия на рубеже XXI века", Новокузнецк, 15-18 июня, 2005 : сб. науч. тр. Т. 1. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2005. - С. 125-132. - РЖ Metallургия, 06.07-15В.193.

Представлены результаты математических и экспериментальных исследований возможностей асимметричного охлаждения непрерывно-литых слитков на криволинейных УНРС. Создана математическая модель, учитывающая разность в коэффициентах теплоотдачи по противоположным широким граням заготовки.

334. Кимани Х. Нелинейное численное моделирование процесса непрерывной разливки стали / Х. Кимани, Г. Шан, Ф. Виммер // Сталь. - 2006. - № 5. - С. 68-70.

335. Комаров В.Ф. Численное моделирование гидродинамики в промежуточных ковшах МНЛЗ в переменных вихрь - функциях тока / В.Ф. Комаров, Ф.В. Недопекин, В.В. Белоусов // Metallургическая теплотехника. - 2003. - № 9. - С. 70-77. - РЖ Metallургия, 04.03-15Б.15.

Сформулирована математическая модель гидродинамических процессов в ванне шестиручьевого промежуточного ковша МНЛЗ. Исследована двумерная модель осредненных потоков. Проведен анализ на предмет ее согласованности с общими физическими закономерностями движения расплава в промежуточном ковше.

336. Корзунин Л.Г. Математическая модель и методика расчета траектории технологического канала МНЛЗ / Л.Г. Корзунин, Л.В. Буланов, П.А. Фарнин // Сталь. - 2006. - № 2. - С. 20-22.

337. Косырев В.А. Синтез полнопространственной модели процесса непрерывной разливки стали для многофункциональной компьютерно-тренинговой системы / В.А. Косырев, С.В. Солодов // Изв. вузов. Чер. metallургия. - 2005. - № 12. - С. 49-54.

338. Марукович Е.Н. Учет влияния теплоты перегрева расплава на формирование заготовки при вертикальном непрерывном литье / Е.Н. Маруко-

вич, Е.Б. Демченко, А.А. Оффенгенден // *Металлургия машиностроения*. - 2006. - № 2. - С. 7-11. - РЖ *Металлургия*, 06.10-15В.204.

Предложена математическая модель процесса формирования начальной корки на мениске расплава при литье с открытым уровнем, которая позволяет рассчитать термонапряжённое состояние начальной корки с учетом ее прочности, а также прогнозировать получение непрерывно-литых заготовок с качественной наружной поверхностью.

339. Математическая модель для оптимизации условий затвердевания непрерывно-литой заготовки / А.Н. Смирнов [и др.] // *Материалы 2 Междунар. науч.-практ. конф. "Автоматизированные печные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии"*, Москва, 3-5 дек., 2002. - М.: Изд-во "Учеба" МИСиС, 2002. - С. 442-444. - РЖ *Металлургия*, 03.11-15В.181.

340. Математическое моделирование в разработках ООО "Уралмаш - металлургическое оборудование" новых технологических решений / Л.В. Буланов [и др.] // *Тр. 8 Конгресса сталеплавильщиков, Нижний Тагил, 18-22 окт., 2004. - М., 2005. - С. 462-466 - РЖ *Металлургия*, 06.05-15В.156.*

Создана математическая модель, описывающая процесс формирования непрерывно-литой заготовки с выходом на количественные показатели качества.

341 Математическое моделирование напряженно-деформированного слитка в МНЛЗ криволинейного типа / А.Н. Черепанов, В.Т. Борисов, В.П. Комшуков [и др.] // *Сталь*. - 2006. - № 4. - С. 25-29.

342. Математическое моделирование процесса кристаллизации непрерывно-литой заготовки / Р.Г. Левин [и др.] // *Металлург*. - 2003. - № 4. - С.42-44.

343. Математическое моделирование процесса непрерывного литья заготовок малого радиуса / А.Н. Чичко [и др.] // *Металлургия машиностроения*. - 2006. - № 2. - С. 12-14.

Описан метод численного моделирования динамики изменения толщины корки круглых слитков при их движении в кристаллизаторе. Разработана программа для исследования влияния температуры заливки, коэффициента теплоотвода, скорости вытяжки на толщину твердеющей корки.

344. Моделирование двумерного электромагнитного поля и электродинамических усилий в кристаллизаторе с индукционным перемешиванием жидкой стали / В.И. Дубоделов [и др.] // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. - 2005. - № 4. - С. 30-34.

345. Моделирование и оптимизация температурного поля непрерывно-литого слитка / И.О. Мищенко [и др.] // *Изв. вузов. Чер. металлургия*. - 2006. - № 3. - С. 15-21.

На основе использования критерия оптимальности, основанного на минимизации отклонений скорости охлаждения для различных элементов затвердевшего металла от среднего значения, разработана динамическая математическая модель, позволяющая рассчитывать для непрерывного слитка температуру его поверхности по длине в зависимости от времени разлива и температуры в поперечном сечении.

346. Модернизация системы вторичного охлаждения сляба на МНЛЗ на основе математического и физического моделирования процессов / Ю.М. Айзин [и др.] // Сталь. - 2006. - № 2. - С. 18-20.

347. Одинокое В.И. Математическое моделирование процесса получения непрерывно-литой деформированной заготовки на литейно-ковочном модуле / В.И. Одинокое, Б.И. Проскураков, В.В. Чернокас // Металлы. - 2006. - № 1. - С. 25-29.

Разработана математическая модель процесса деформации кристаллизующегося металла на литейно-ковочном модуле. Рассмотрена двухкомпонентная система боек - деформируемый металл. Используются теория малых упругопластических деформаций и уравнение теплопроводности. Задача решается в плоской постановке. В результате решения получены поля напряжений, перемещений и температур.

348. Пепшица Я. Определение размера переходной зоны при моделировании непрерывной разливки / Я. Пепшица, З. Кудлински // Черные металлы. - 2004. - № 6. - С. 36-37.

349. Селиванов В.Н. Математическая модель затвердевания стали в системе Fe – C – O – Mn – S – P при протекании реакций между компонентами расплава / В.Н. Селиванов, Э.В. Дюльдина // Вестник МГТУ. - 2005. - № 3. - С. 13-16. - РЖ Metallurgia, 06.09-15В.201.

350. Селиванов И.А. Математическая модель распределения электроприводов тянущих роликов на машине непрерывного литья / И.А. Селиванов, Д.С. Лукьянов // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника в металлургической и горно-топливных отраслях : труды 2 Всерос. науч.-практ. конф., Новокузнецк, 18-20 мая, 2004. - Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2004. - С.77- 79. - РЖ Metallurgia, 05.03-15В.149.

Для технологических параметров роликовой проводки МНЛЗ составлены математические модели расчета распределения электроприводов тянущих роликов вдоль технологического канала ЗВО. Разработан алгоритм расчета, коррекции и проверки распределения электроприводов тянущих роликов.

351. Селиванов В.Н. Математическое моделирование процесса распределения металла в кристаллизаторе слябовой машины непрерывного литья заготовок / В.Н. Селиванов, А.М. Столяров // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2004. - № 8. - С. 34-35.

352. Столяров А.М. Результаты моделирования переходного участка непрерывно-литых слябов при разливке стали методом "плавка на плавку" / А.М. Столяров // Теория и технология металлургического производства : сб. науч. тр. Вып. 5. Магнитог. гос. техн. ун-т. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2005. - С. 17-22. - РЖ Metallurgia, 06.09-15В.162.

С целью изучения закономерностей формирования переходного участка непрерывно-литых слябов смешанного химического состава, образующегося при смене марок стали в серии с заменой промежуточного ковша, была разработана математическая модель.

353. **Тепловые** и напряженно-деформационные процессы в непрерывно-литой заготовке / А.Н. Черепанов [и др.] // Препр. Ин-т теор. и прикл. мех. СО РАН. - 2006. - № 1. - С. 1-47. - РЖ Металлургия, 06.12-15В.192.

Разработаны математические модели для численного расчета тепловых полей, термо- и механических напряжений и деформации при формировании сортового непрерывно-литого слитка как в установившихся, так и нестабильных условиях разлива. На основе трехмерной математической модели нестационарного теплопереноса проведен анализ динамики поведения тепловых полей в слитке, толщины затвердевшей корочки и других параметров в стартовом режиме литья.

354. **Туманов Д.В.** Совершенствование технологии мягкого обжатия непрерывно-литого слитка вертикальной УНРС на основе применения систем контроля параметров разлива и математического моделирования : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / Д.В. Туманов. — Череповец : Череповец. гос. ун-т, 2004. — 23 с. — РЖ Металлургия, 05.04-15В.206Д.

Разработана математическая модель распределения температуры в поперечном сечении слитка, реализованная на базе адаптированной одномерной модели глубины жидкой фазы и эмпирических данных о температуре поверхности слябовой УНРС. Разработана новая математическая модель расчета усилия деформации непрерывно-литой заготовки с жидкой фазой, корректно учитывающая различия в характере деформации областей твердой фазы вдоль узкой и широкой граней слитка; неравномерность температуры по ширине и толщине слитка; действие ферростатического давления. Разработан новый алгоритм управления секциями вторичного охлаждения УНРС, осуществляющими мягкое обжатие слитка и информационное обеспечение мягкого обжатия слитка на основе этого алгоритма, позволяющее формировать рекомендации технологическому персоналу о предпочтительном скоростном режиме разлива.

355. **Хохлов С.В.** Компьютерное моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния непрерывно-литой заготовки / С.В. Хохлов. — Тула : Изд-во Тул. гос. ун-та, 2002. — 105 с. — РЖ Металлургия, 03.11-15В.183К.

Изложены результаты исследования и оптимизации формирования стального сляба в кристаллизаторе УНРС при помощи вычислительного эксперимента. На основе современных численных методов - конечных элементов и конечных разностей - разработана компьютерная модель теплового и напряженно-деформированного состояния заготовки прямоугольного сечения в кристаллизаторе. Исследован процесс формирования непрерывно-литой заготовки. Уточнен механизм возникновения угловых продольных наружных трещин.

356. **Цифровое моделирование** процессов течения и затвердевания металла в МНЛЗ для литья тонких слябов / К. Олер [и др.] // Черные металлы. - 2002. - № 8. - С.22-30. - РЖ Металлургия, 03.03-15В.251.

Анализ течения металла в кристаллизаторе и воздействие на него оптимизированной геометрии погружного сталеразливочного стакана можно провести с помощью лабораторных исследований или методом цифрового математического моделирования. В настоящей статье рассмотрены расчеты по методам

CFD для стационарного течения воды и стали в погружном стакане и кристаллизаторе машины непрерывного литья тонких слэбов на основе уравнений движения по Рейнольдсу.

357. Численное исследование переходных процессов при разливке стали в машине непрерывного литья сортовых заготовок / А.Н. Черепанов [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2006. - № 6. - С. 40-45.

358. Численные исследования склонности непрерывно-литых слитков к растрескиванию / Г.Н. Шан [и др.] // Сталь. – 2005. - № 4. – С. 110=114.

359. Чичкарев Е.А. Математическое моделирование кинетики затвердевания и формирования химической неоднородности непрерывно-литых слэбовых заготовок / Е.А. Чичкарев, Н.В. Назаренко // Тез. докл. Междунар. науч. конф. "Современные проблемы теории и практики пр-ва качественной стали", Мариуполь, 8-10 сент., 2004. - Мариуполь : Изд-во ПГТУ, 2004. - С. 169-170. - РЖ Металлургия, 05.02-15В.223.

Представлена математическая модель формирования непрерывно-литой заготовки, учитывающая тепловые процессы при затвердевании, так и процессы массообмена в объеме заготовки.

360. Ячиков И.М. Модель теплового состояния кристаллизатора МНЛЗ с трапецеидальными каналами / И.М. Ячиков, К.Н. Вдовин // Математика. Приложение математики в экономических, технических и педагогических исследованиях : сб. науч. тр. Магнитог. гос. техн. ун-т. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2005. - С. 227-233. - РЖ Металлургия, 06.12-15В.180.

Создана математическая модель и программа расчета распределения температур в стенке кристаллизатора, имеющего трапецеидальные каналы для охлаждения при нестационарном режиме его работы.

361. Анализ методом конечных элементов нового охлаждающего устройства = Finite-element thermal analysis of a new cooler design / Lazic Ladislav, Crnko Josip // Mater. in Technol. - 2004. - 38, № 3-4. - С. 143-147. - РЖ Металлургия, 05.01-15Б.10. - Англ.; рез. слов.

Разработана математическая модель охлаждения воздухом в условиях естественной и вынужденной конвекции стальной непрерывно-литой заготовки восьмиугольного сечения. Методом конечных элементов проведен анализ температурных полей в заготовке, вызывающих возникновение термических напряжений и деформаций. Установлена допустимая скорость охлаждения и соответствующие ей параметры (скорость) охлаждающей среды.

362. Анализ проникновения расплавленного порошка при непрерывной разливке с использованием уравнения Рейнольдса. Ч. 1. Установившееся состояние = Infiltration phenomena of molten powder in continuous casting derived from analysis using reynoldsequation. Pt. 1. Steady analysis / Okazawa Kensuke [et al.] // ISIJ International. - 2006. - 46, № 2. - С. 226-233. - РЖ Металлургия, 06.12-15В.171. - Англ.

363. Анализ проникновения расплавленного порошка при непрерывной разливке с использованием уравнения Рейнольдса. Ч. 2. Неустановившееся

состояние = Infiltration phenomena of molten powder in continuous casting derived from analysis using reynoldsequation. Pt. 2. Unsteady analysis / Okazawa Kensuke [et al.] // ISIJ International. - 2006. - 46, № 2. - С. 234-240. - РЖ Metallургия, 06.12-15В.172. - Англ.

364. Анализ факторов, определяющих температуру непрерывно-литого сляба / Wang Hongming, Li Guirong // Shanghai Jinshu = Shanghai Metals. – 2003, - 25, № 2. – С 24-28. — Кит.; рез. англ. — РЖ Metallургия, 03.11.15Б.10.

Разработана математическая модель теплового состояния непрерывно-литого сляба и индентифицирована по температурным измерениям.

365. Влияние параметров и формы погружного сопла на трехмерные потоки жидкости в кристаллизаторе установки непрерывной разливки балочных заготовок = Effect of submerged entry nozzle (SEN) parameters and shape on 3-D fluid flow in mould for beam continuous casting / Y.P. Du [et al.] / Acta Met. Sin. - 2004. - 17, № 5. - С. 705-712. - РЖ Metallургия, 05.03-15Б.5. - Англ.

Разработана математическая модель для расчета трехмерных полей скоростей в кристаллизаторе установки непрерывной разливки балочных заготовок

366. Влияние плотности расчетной сетки на точность математической модели кристаллизации стали в процессе непрерывной разливки / Staniewski Ireneusz, Derda Wlodzimierz, Jowsa Jan // 13 Konferencja naukowo-techniczna "Produkcja i zarzadzanie w hutnictwie", Szczirk, 29 czerw.- 2 lip., 2005. Cz. 1. – Czestochowa : Wyd. Wyds. Inz. Proces., mater. I fiz stos. Politechn. Czestochow, 2005. - С. 83-86. - РЖ Metallургия, 06.08-15В.206. - Пол.; рез. англ.

Специалистами Политехнического Университета в г. Ченстохова (Польша) проведено математическое моделирование кристаллизации стали при непрерывной разливке с использованием компьютерной программы FLUENT. Изучено влияние плотности расчетной сетки, т. е. числа контролируемых элементов, на точность прогнозирования процесса кристаллизации стали.

367. Влияние регулирования движения потока жидкой стали в промежуточном ковше / A. Cwudfzinnski, J. Jowsa, T. Merder // Czestochowa : Wyd. Wyzd. inz. proces., mater. i fiz stos. Politechn. - Czestochow., 2005. - С. 95-98. - РЖ Metallургия, 06.09-15В.196. - Пол.; рез. англ.

Проведено компьютерное моделирование поведения жидкой стали в промежуточном ковше для шестиручьевой УНРС, оборудованном устройством для уменьшения скорости потока.

368. Выделения нитридов и карбидов в период затвердевания и охлаждения = Precipitation of nitrides and carbides during solidification and cooling / V. Ludlow, K.G. Bain, S. Riaz [et al.] // ECCO 2005 : 5 European Continuous Casting Conference, Nice, June 20-22, 2005. - Paris : Assoc. Techn. Sider., 2005. - С. 196-205. - РЖ Metallургия, 06.08-15В.211. - Англ.

Для изучения особенностей выделения нитридов и карбидов в процессе затвердевания и охлаждения непрерывно-литых слябов и опытных слитков микролегированной стали, разработали математическую модель, воспроизводящую выделение и рост НВ неметаллических включений.

369. Двумерная модель переноса тепла при стационарном состоянии процесса непрерывной разливки Ohno / Wang Wei, Ni Feng // Zhengzhou daxue xuebao. Gongxue ban = J. Zhengzhou Univ. Eng. Sci. - 2005. - 26, № 4. - С. 62-65.

Основываясь на принципе формирования монокристаллов, предложенного в 1986 г. Оно (Ohno), разработана математическая модель не только переноса тепла, но и металлургических процессов и установили картину их взаимодействия при изменении таких показателей, как скорость разливки, интенсивность теплоотвода и их влияние на поверхность раздела между ликвидусом и солидусом.

370. Двумерные характеристики деформации непрерывно-литых заготовок при обжати с жидкой сердцевиной = Two dimensional deformation characteristics of bloom CC with liquid core reduction / Zhu Guosen [et al.] // J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2002. - 9, № 5. - С. 334-337. - РЖ Металлургия, 03.07-15В.188. - Англ.

Модель осуществлена с использованием программного обеспечения ANSYS. В ходе моделирования отслеживали особенности деформации блюмов с различной долей жидкой фракции и степени деформации. Результаты показывают, что корочка заготовки испытывает в основном напряжения сжатия, передаваемые жидкой сердцевине.

371. Динамическое моделирование процесса затвердевания заготовок из легированных сталей / Jia Guang-lin, Qi Ya-li, Zhang Guo-zhi, Cheng Shi-fu // Dongbei daxue xuebao. Ziran kexue ban = J Northeast. Univ. Natur. Sci. - 2004. - 25, № 2. - С. 129-132. - РЖ Металлургия, 05.02-15Б.19. - Кит; рез. англ.

Исследованы пористость, сегрегация и наличие трещин в непрерывно-литых заготовках размером 200×200 мм легированных сталей (GCr15, 40Cr и 20CrMnTi). Разработана математическая модель теплопередачи в процессе затвердевания, позволяющая рассчитывать температурные поля при различных условиях охлаждения, скоростях разливки, перегревах расплава, физических свойствах стали и т.д.

372. Измерение длины жидкой сердцевины непрерывно-литых слябов / Li Wei [et al.] // Beijing keji daxue xuebao = J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2003. - 25, № 4. - С. 315-318. - РЖ Металлургия, 04.09-15Б.11. - Кит.; рез. англ.

Рассмотрена математическая модель теплопереноса в непрерывно-литом слябе, позволяющая рассчитывать распределение температур по толщине сляба и, следовательно, определять длину жидкой сердцевины.

373. Изучение моделей теплопередачи в процессах сохранения тепла непрерывно-литых слябов для горячей загрузки и прокатки / Wang Hong-ming, Li Gui-rong, Wu Xiao-dong // Jiangsu daxue xuebao. Ziran kexue ban = J. Jiangsu Univ. Natur. Sci. - 2002. - 23, № 6. - С.46-50. - РЖ Металлургия, 03.09-15Б.19. - Кит., рез. англ.

Разработана математическая модель теплопередачи в процессе сохранения тепла непрерывно-литых слябов при длительном их хранении перед прокаткой. Модель может успешно использоваться для прогнозирования температуры слябов.

374. Исследование процесса затвердевания непрерывно-литого сляба / Xu Zhi-qiang, Wang Hong-gan // Yanshan daxue xuebao = J. Yanshan Univ. - 2004. - 28, № 4. - С. 283-286. - РЖ Metallургия, 06.12-15В.194. - Кит.; рез. англ.

Разработана математическая модель процесса остывания и затвердевания непрерывно-литого слитка и с помощью платформы аналитических программ MATLAB проведено моделирование температурных полей в слябе.

375. Исследование расчетного истечения при моделировании неустойчивого течения в процессе непрерывной разливки = Study of computational issues in simulation of transient flow in continuous casting / Yuan Qua, Zhao Bin, S.P. Vanka, Brian G. Thomas // Steel Res. Int. - 2005. - 76, № 1. - С. 33-43, 17. - РЖ Metallургия, 05.08-15В.195. - Англ.

Используя различные варианты численного моделирования, исследовали трехмерные турбулентные потоки и теплоперенос в лунке жидкого металла в кристаллизаторе при непрерывной отливке стальных слябов.

376. Исследование условий движения и затвердевания металла в кристаллизаторе установки непрерывной разливки с помощью современной техники моделирования = Investigations of flow conditions and solidification in continuous casting moulds by advanced simulation techniques / Putz Oliver, Breitfeld Oliver, Rodl Sigurd // Steel Res. Int. - 2003. - 74, № 11-12. - С. 686-692. - РЖ Metallургия, 04.05-15В.167. - Англ.

Рассмотрены возможности физического и цифрового моделирования процессов движения и затвердевания металла в кристаллизаторе тонкослябовой установки непрерывной разливки стали. Цифровое моделирование теплопередачи и поведения жидкого флюса в кристаллизаторе дает хорошее совпадение с производственными данными.

377. Компьютерное моделирование процесса истечения струи расплава из разливочного ковша при непрерывном литье = Application of Computational Fluid Dynamics to analysis of metallurgical processes for continuous casting tundishes / Peng Shiheng [et al.] // J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2004. - 11, № 3. - С.207-211. - РЖ Metallургия, 05.07-15В.197. - Англ.

Приведены математические расчеты, а также результаты 3-хмерного компьютерного моделирования процесса непрерывного литья, включая строение потока расплава, вытекающего из разливочного ковша.

378. Компьютерное моделирование электромагнитных полей и полей скоростей при непрерывной разливке / Chang Fon-Chich, John R. Hull // Czestochowa : Wyd. Wyzd. inz. proces., mater. i fiz stos. Politechn. Czestochow. - 2004. - С. 99-102. - РЖ Metallургия, 06.09-15В.171. - Пол.; рез. англ.

Проведено численное моделирование взаимодействия между различными фазами при разливке из промежуточного ковша в кристаллизатор с использованием компьютерных программ FLUENT, Gambit, а также модели поведения жидкости в сосудах произвольной геометрии (VOF). Получены данные о глубине проникновения одной фазы в другую над разливочным отверстием промежуточного ковша.

379. Математический анализ и численное моделирование высокочастотного электромагнитного поля в кристаллизаторе мягкого контакта с непре-

рывно-литой заготовкой = Mathematical analysis and numerical simulation of high frequency electromagnetic field in soft contact continuous casting mold / Na Xianzhao, Zhang Xingzhong, Gan Yong // ISIJ International. - 2002. - 42, № 9. - С. 974-981. - РЖ Металлургия, 03.05-15В.261. - Англ.

Метод математического моделирования позволил выявить оптимальную частоту и плотность магнитных потоков и сил в прорезных стенках кристаллизатора. С повышением частоты электромагнитные силы отталкивания корочки слитка от стенок кристаллизатора возрастают.

380. Математическая модель для предсказания толщины пленки флюса в кристаллизаторе установки непрерывной разливки = A mathematical model for prediction of thickness of mould flux film in continuous casting mould / Yamauchi Akira, Emi Toshihiko, Seetharaman Seshadri // ISIJ International. - 2002. - 42, № 10. - С. 1084-1093. - РЖ Металлургия, 03.05-15В.262. - Англ.

Разработана математическая модель для определения толщины пленки флюса, образующейся между стенками кристаллизатора и затвердевшей корочкой слитка, и теплопередачи через нее.

381. Математическая модель и цифровое моделирование турбулентного движения, теплопередачи и затвердевания при инверсивной разливке / Feng Yanhui [et al.] // Beijing keji daxue xuebao = J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2002. - 24, № 6. - С. 596-601. - РЖ Металлургия, 03.06-15Б.18. - Кит.; рез. англ.

Разработана двухмерная цифровая модель для описания турбулентного движения жидкой стали и теплопередачи при затвердевании Fe-C- бинарного сплава в кристаллизаторе при инверсивной разливке. При моделировании смешанная твердо-жидкая фаза рассматривалась как пористая среда. Турбулентное движение расплавленной стали рассчитывалось по модернизированной версии k-ε турбулентной модели при низких числах Рейнольдса. Цифровой анализ показал, что время пребывания маточной стали в кристаллизаторе является одним из ключевых параметров, определяющих процесс затвердевания.

382. Математическая модель укрупнения и удаления неметаллических включений в промежуточном ковше установки непрерывной разливки / Zhang Bangwen [et al.] // Jinsu xuebao = Acta met. sin. - 2004. - 40, № 6. - С. 623-628. - РЖ Металлургия, 05.08-15В.224. - Кит.; рез. англ.

Разработана математическая модель укрупнения и удаления неметаллических включений из расплавленного металла в промежуточном ковше. Проведено трехмерное цифровое моделирование движения металла в промежуточном ковше, основанное на модели турбулентности.

383. Математическое моделирование движения жидкости в промежуточном ковше установки непрерывной разливки при экстраординарных условиях = Mathematical modelling of fluid flow in a continuous tundish with regard to extraordinary casting conditions / Bruch Christian, Valentin Peter // Steel Res. Int. - 2004. - 75, № 10. - С. 659-665. - РЖ Металлургия, 05.03-15Б.6. - Англ.

Путем цифрового моделирования изучено движение металла в промежуточном ковше с тремя ручьями и торцевой нижней подачей металла из питателя при нестандартных условиях.

384. Математическое моделирование движения частиц перед межфазной поверхностью твердожидкое при непрерывной разливке = Mathematical modelling of particle movement ahead of the solid-liquid in continuous casting / Lei Hong [et al.] // J. Mater. Sci. and Technol. - 2002. - 18, № 5. - С. 403-406. - РЖ Металлургия, 03.02-15Б.10. - Англ.

Разработана математическая модель движения расплавленного металла в кристаллизаторе и получены поля скоростей жидкости вблизи двухфазной поверхности, а также рассчитаны траектории движения частиц.

385. Математическое моделирование параметров процесса быстрого затвердевания стали = Mathematical simulation of process in the case of rapid solidification of steel / Volkova Olena, Heller Hans-Peter, Janke Dieter // Steel Res. - 2003. - 74, № 11-12. - С. 708-715. - РЖ Металлургия, 04.05-15Б.29. - Англ.

Для математического моделирования процесса затвердевания были использованы уравнения в конечных разностях. Были рассчитаны параметры затвердевания (локальное время затвердевания, локальные скорости затвердевания и охлаждения, локальные плотности теплового потока) при различных условиях процесса.

386. Математическое моделирование теплопередачи в промежуточном ковше установки непрерывной разливки стали = Matematyczne modelowanie wymiany ciepła w kadzi pośredniej ruzadzenia cos / Merder Tomasz [et al.] // Czestochowa : Wyd. Wydz. inz. proces., mater. i fiz stos. Politechn. - Czestochow., 2005. - С. 75-78. - РЖ Металлургия, 06.03-15Б.21. - Пол.; рез. англ.

Представлен анализ гидродинамических и тепловых процессов в шестиручьевом промежуточном ковше, основанный на компьютерном расчете полей скоростей.

387. Моделирование влияния давления воздуха в кристаллизаторе на процесс непрерывной разливки = Modelling of air pressure effects in casting moulds / E. Attar [et al.] // Modell. and Simul. Mater. Sci. and Eng. - 2005. - 13, № 6. - С. 903-917. - РЖ Металлургия, 06.07-15В.192. - Англ.

Разработана модель для расчета величины давления воздуха при заполнении металлом кристаллизатора. Модель основана на использовании уравнения состояния идеального газа, закона сохранения массы, закона Бернулли, алгоритма SOLA-FOV для моделирования поведения жидкости в сосудах произвольной формы, а также нового алгоритма для расчета давления воздуха на поверхности жидкого металла в кристаллизаторе.

388. Моделирование движения потоков расплава в промежуточном заливочном устройстве при непрерывном литье = Mathematical simulation and modelling of steel flow with gas bubbling in trough type tundishes / A. Ramos-Banderas, R.D. Morales, L. Garsia-Demedices // ISIJ International. - 2003. - 43, № 5. - С. 653-662. - РЖ Металлургия, 04.06-15В.177. - Англ.

Проведено математическое и гидравлическое моделирование движения потоков расплава в промежуточном заливочном устройстве, расположенном между разливочным ковшом и кристаллизатором.

389. Моделирование затвердевания для оптимизации охлаждения на блюмовой установке непрерывной разливки / Jung YoungJin [et al.] // Te hangi

kyohag mun chib. A. = Trans. Soc. mech. Eng. A. - 2004. - № 11. - С. 1629-1636. - РЖ Металлургия, 06.07-15Б.14. - Кор.; рез. англ.

390. Моделирование и контроль вихревого движения расплавленной стали в кристаллизаторе установки непрерывной разливки / Qian Zhongdong, Wu Yulin // Jinsu xuebao = Acta met. sin. - 2004. - 40, № 1. - С. 88-93. - РЖ Металлургия, 05.02-15Б. 10. - Кит.; рез. англ.

Проведено цифровое моделирование движения расплавленной стали в кристаллизаторе тонко слябовой установки непрерывной разливки. Рассмотрен механизм образования горизонтальных и наклонных вихрей. Изучено влияние угла наклона выходных отверстий и расположения погружного сопла на образование вихрей. Увеличение угла наклона отверстий и глубины погружения разливочного сопла увеличивает время существования вихрей на свободной поверхности металла. Наклонные вихри определяются смещением разливочного сопла от центра кристаллизатора. Предложено устройство на внешней поверхности разливочного сопла, тормозящее образование вихрей.

391. Моделирование непрерывного литья многокомпонентной стали с использованием реального струйного охлаждения = Simulation using realistic spray cooling for the continuous casting of multi-component steel / Shen Houfa, Richard A. Hardin, Mac Kenzie Robert, C. Beckermann // J. Mater. Sci. and Technol. — 2002. — 18, № 4. — С. 311-314. - Англ. — РЖ Металлургия, 03.04-15В.238.

Разработана модель трехмерного теплопереноса при непрерывном литье стальных слябов с использованием реальной картины струйного охлаждения и модели затвердевания с микросегрегацией.

392. Моделирование непрерывной разливки стали - прошлое, настоящее и будущее = Modelling of the continuous casting of steel - past, present and future / Brian G. Thomas // Met. and Mater. Trans. B. - 2002. - 33, № 6. - С.795-812. - РЖ Металлургия, 03.07-15В.182. - Англ.

В лекции, посвященной памяти J. Keith Brimacombe, рассмотрены история, современное состояние и будущее математического моделирования процесса непрерывной разливки стали.

393. Моделирование образования продольных поверхностных трещин в ходе непрерывной разливки гипоперитектической стали = Modelling the formation of longitudinal facial cracks during continuous casting of hypoperitectic steel / J. Konishi [et al.] // Met. and Mater. Trans. B. - 2003. - 33, № 3. - С.413- 423. - РЖ Металлургия, 03.05-15В.280. - Англ.

При высоких скоростях разливки на широких гранях тонких слябов возникают продольные трещины, механизм образования которых исследовали с привлечением математического моделирования, исходя из предположения, что перитектическая реакция контролируется диффузией углерода.

394. Моделирование поведения пузырьков аргона в затопленной насадке = Model experiment on the behaviour of argon gas in immersion nozzle / Ishiguro Keisuke, Iguchi Manabu // ISIJ International. - 2003. - 43, № 5. - С. 663-670. - РЖ Металлургия, 04.06-15В.178. - Англ.

Приведены результаты моделирования поведения пузырьков аргона при продувке в затопленной насадке расплава при непрерывном литье.

395. Моделирование полей скоростей в кристаллизаторе тонкослябовой установки непрерывной разливки / Zhang Guifang [et al.] // Gand tie fan tai = Iron Steel Vanadium Titanium. - 2005. - 26, № 2. - С. 31-34, 53. - РЖ Metallургия, 06.09-15В.189. - Кит.; рез. англ.

Разработана трехмерная математическая модель и методом конечных разностей проведено компьютерное моделирование полей скоростей. Изучено влияние на характер движения металла конструкции погружных разливочных сопел.

396. Моделирование потоков в жидкой стали в процессе непрерывной разливки = Modelling of fluid flow in the steel continuous casting process / Rywotycki Marcin, Malinowski Zbigniew // Met. and Foundry Eng. - 2004. - 30, № 2. - С. 99-108, 97. - РЖ Metallургия, 05.08-15В.193. - Англ.; рез. пол.

Для моделирования потоков жидкой стали в объеме кристаллизатора и в незатвердевшей лунке в верхней части формируемого слитка использовали уравнение Навье-Стокса для описания поля скоростей, дополненное уравнениями непрерывности и уравнениями теплопереноса в условиях конвекции. При моделировании использовали общепринятую методику, включая метод конечных элементов, позволяющий установить картину потоков в условиях кристаллизации металла.

397. Моделирование потоков расплава и состояние поверхностных волн в кристаллизаторе непрерывной разливки = Modeling of melt flow and surface standing waves in a continuous mold / Kamal Manish, Sahai Yogeshwar // Steel Res.Int. - 2005. - 76, № 1. - С.44-52. - РЖ Metallургия, 05.08-15В.196. - Англ.

Многие поверхностные и подповерхностные дефекты непрерывно-литых стальных слябов зависят от состояния поверхностных волн и турбулентности в лунке жидкого металла в кристаллизаторе. Трехмерная математическая модель FLOW3D использована для анализа жидких потоков и влияния температуры на характер волнообразования.

398. Моделирование формирования сульфида марганца при затвердевании. Ч. 1. Описание параметров формирования MnS = Modelling of manganese sulphide formation during solidification. Part. 1. Description of MnS formation parameters / Diederichs Roman, Bleck Wolfgang // Steel Res. Int. - 2006. - 77, № 3. - С. 202-209. - РЖ Metallургия, 06.12-15В.193. - Англ.

Выделение вторичных фаз при затвердевании стали влияет на её механические свойства, в частности, сульфиды Mn влияют на пластичность при низких и высоких температурах. Предложена математическая модель для описания процесса затвердевания среднеуглеродистой стали.

399. Моделирование электромагнитного поля в кристаллизаторе методом конечных элементов / Li Guang, Li Huade // Beijing keji daxue xuebao = J. Univ. and Techn. Beijing. - 2004. - 26, № 1. - С. 95-98. - РЖ Metallургия, 04.12-15В.12. - Кит.; рез. англ.

На базе уравнений Максвелла разработана упрощенная математическая модель для описания электромагнитных полей в кристаллизаторе установки непрерывной разливки стали. Моделирование методом конечных элементов позволило установить зависимость силы Лоренца от частоты и силы тока.

400. Модель для непрерывного предсказания зарастания разливочного сопла = Online forecasting model of tundish nozzle clogging / Yuan Fangming, Wang Hing-hua, Zhang Jiongmeng, Li. / J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2006. - № 1. - С. 21-24. - РЖ Metallургия, 06.12-15.161. - Англ.

Разработана математическая модель для непрерывного определения зарастания погружных разливочных сопел установки непрерывной разливки стали

401. Модель теплопередачи при затвердевании и построенный на нейронной сети алгоритм применительно к непрерывной разливке стальных заготовок и блюмов = A solidification heat transfer model and a neural network based algorithm applied to the continuous casting of steel billets and blooms / Carlos A. Santos [et al.] // Modell. and Simul. Mater. Sci. and Eng. - 2005. - 13, № 7. - С. 1071-1087. - РЖ Metallургия, 06.08-15В.207. - Англ.

Разработана математическая модель теплопередачи при кристаллизации непрерывно-литого слитка и связанный с ней построенный на нейронной сети расчетный алгоритм, предназначенные для определения рационального режима вторичного охлаждения, обеспечивающего равномерный характер охлаждения и повышение качества продукции.

402. Обобщенное численное моделирование потоков жидкой стали и ее затвердевания в кристаллизаторе мягкого контакта с непрерывно-литой заготовкой = Coupled numerical simulation of steel flow and solidification in soft-contact billet mold / A.Y. Deng, J.C. He // Acta Met. Sin. - 2002. - 15, № 5. - С. 471-478. - РЖ Metallургия, 03.05-15В.260. - Англ.

Модель включает описания электромагнитных полей, динамики жидкости, теплопереноса и затвердевания и результаты численных решений методом конечных разностей для случая трехмерного пространства.

403. Общее моделирование процесса непрерывной разливки = Global modelization of continuous casting process / J. Barco [et al.] // ECCS 2005 : 5 European Continuous Casting Conference, Nice, June 20-22, 2005. - Paris : Assoc. Techn. Sider, 2005. - С. 560-567. - РЖ Metallургия, 06.08-15В.166. - Англ.

Описана общая математическая модель и приведены результаты компьютерного моделирования с использованием программ CFD и FEM процесса непрерывной разливки стали, включая движение металла в кристаллизаторе, теплообмен, затвердевание слитка, термические напряжения в слитке и др. вопросы.

404. Одномерная модель переноса тепла в установившемся процессе непрерывной разливки "Оно" / Yue Liuzhen [et al.] // Tezhong zhuzao ji youse hein = Spec. Cast. and Nonferrous Alloys. - 2005. - 25, № 8. - С. 469-472. - РЖ Metallургия, 06.09-15В.177. - Кит.

Физико-математическую одномерную модель переноса тепла в установившемся процессе непрерывной разливки Оно (Ohno) построили на основе принципа непрерывной разливки Оно. Вычислили влияние параметров обработки на положение твердожидкой границы заготовки.

405. Распределение температур в непрерывно-литой заготовке при вторичном охлаждении = The temperature distributions in the strand during secon-

dary cooling of the continuously cast billet / V. Grozdanic, A. Markotic // Mater. in tehnol. - 2004. - 38, № 6. - С. 303-306. - РЖ Metallургия, 05.07-15В.196. - Англ.

Получена математическая модель для расчета распределения температур в непрерывно-отливаемом слитке в зоне вторичного охлаждения. Модель позволяет определить время охлаждения поверхности заготовки до определенной температуры, которая хорошо совпадает с экспериментальными значениями по литературным данным.

406. Трехмерная сопряженная модель теплопередачи при непрерывной разливке проволоки = A 3D conjugate heat transfer model for continuous wire casting / X. Guo [et al.] // Mater. Sci. and Eng. - 2004. - 365, № 1-2. - С. 318-324. - РЖ Metallургия, 05.04-15В.20. - Англ.

Разработана трехмерная модель теплопередачи и кристаллизации при непрерывной разливке проволоки.

407. Трехмерное цифровое моделирование высокочастотного электромагнитного поля в кристаллизаторе установки непрерывной разливки / Na Xianzhao, Xhang Xingzhong, Qiu Shengtao, Gan Yong // Jinsu xuebao = Acta met. sin. - 2002. - 38, № 9. - С. 947-951. - РЖ Metallургия, 03.05-15В.259. - Кит.; рез. англ.

С помощью метода конечных элементов проведено цифровое моделирование электромагнитных параметров при непрерывной электромагнитной разливке стали на сортовой установке.

408. Удаление включений в промежуточном ковше с помощью продувки газом = Inclusion removal in a tundish by gas dubbling / J.P. Rogler, L.J. Heaslip, M. Mehrvar // Can. Met. Quart. - 2004. - 43, № 3. - С.407-415. - РЖ Metallургия, 05.08-15В.201. - Англ.; рез. фр.

Проанализированы возможности удаления неметаллических включений из расплавленной стали при их столкновении и прилипанию к всплывающим пузырькам газа. Разработана математическая модель удаления включений в промежуточном ковше установки непрерывной разливки при донной продувке газом через пористую вставку.

409. Цифровой анализ влияния рабочих параметров на движение металла в кристаллизаторе с гибридными магнитными полями = Numerical analysis of the influences of operational parameters on the fluid flow in mold with hybrid magnetic fields / Qian Zhong-Dong [et al.] // ISIJ International. - 2002. - 42, № 11. - С. 1259-1265. - РЖ Metallургия, 03.06-15В.16. - Англ.

Разработаны трехмерная математическая модель и пакет компьютерных программ для расчета магнитных полей, индуцированного тока, формы мениска и скоростей движения расплавленного металла в кристаллизаторе установки непрерывной разливки с гибридным магнитным полем.

410. Цифровое моделирование безразмерной концентрации включений в Т-образном промежуточном ковше / Zhang Jiongming [et al.] // Beijing keji daxue xuebao = J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2004. - 26, № 3. - С. 247-250. - РЖ Metallургия, 06.03-15В.184. - Кит., рез. англ.

Цифровым методом с использованием программ SIMPLE получены трехмерные поля скоростей, температур и безразмерной концентрации неметалли-

ческих включений в Т-образном промежуточном ковше установки непрерывной разливки стали.

411. Цифровое моделирование движения металла и оптимизации работы промежуточного ковша = Numerical simulation of flow phenomena and optimum operation of tundish / Shi Zxang-ming [et al.] // J. Cent. S. Univ. Technol. - 2003. - 10, № 2. - С. 155-158. - РЖ Metallургия, 04.02-15В.172. - Англ.

С целью повышения качества непрерывно-литых заготовок стали 20 изучен механизм образования газовых пузырей и неметаллических включений и проведено цифровое моделирование движения жидкой стали в промежуточном ковше (ПК). Результаты исследований показали, что форма ПК играет важную роль в получении качественных заготовок.

412. Цифровое и физическое моделирование движения жидкости в промежуточном ковше = Numerical and physical simulation of tundish fluid flow phenomena / Odenthal Hans-Jurgen, Bolling Ralf, Pfeifer Herbert // Steel Res. - 2003. - 74, № 1. - С.44-55, 20. - РЖ Metallургия, 03.09-15В.156. - Англ.; рез. нем.

Путем компьютерного моделирования изучено движение жидкости в промежуточном ковше установки непрерывной разливки. Исследования проводились для стационарных и переходных режимов движения.

413. Цифровое и физическое моделирование движения жидкости в промежуточном ковше / Hou Qinfu, Zou Zongshu // Steel Res. Int. - 2005. - 76, № 10. - С. 726-730. - РЖ Metallургия, 06.05-15Б.7. - Англ.

Проведено цифровое и физическое моделирование движения жидкости в промежуточном ковше одноручьевой слябовой установки непрерывной разливки.

414. Цифровое моделирование двухмерного магнитного поля в непрерывно-литом слябе методом конечных элементов / Miao Jigli, Li Huade // Shanghai jinshu = Sanghai Metals. - 2003. - 25, № 6. - С. 11-14. - РЖ Metallургия, 04.10-15Б.10. - Кит.; рез. англ.

Методом конечных элементов проведено цифровое моделирование двухмерного переменного низкочастотного магнитного поля в процессе непрерывной разливки слябов. Получены зависимости магнитного момента от силы и частоты электрического тока.

415. Цифровое моделирование двухфазных потоков расплавленной стали и аргона в кристаллизаторе непрерывной разливки = Twophase flow numerical simulation of steel and argon gas in a continuous casting mold / Kubo Noriko [et al.] // ISIJ International. - 2002. - 42, № 11. - С. 1251-1258. - РЖ Metallургия, 03.07-15В.195. - Англ.

Путем цифрового моделирования исследовано влияние подачи аргона через разливочное сопло в кристаллизатор слябовой установки непрерывной разливки на движение расплавленной стали при различных скоростях разливки.

416. Цифровое моделирование колебаний поверхности в кристаллизаторе установки непрерывной разливки / Tan Lijian [et al.] // Jinsu xuebao = Acta met. sin. - 2003. - 39, № 4. - С. 435-438. - РЖ Metallургия, 04.02-15В.171. - Кит.; рез. англ.

Проведено цифровое моделирование колебаний свободной поверхности и движение расплавленной стали в кристаллизаторе установки непрерывной разливки при различных скоростях разливки и углах наклона выходных каналов погружных разливочных сопел.

417. Цифровое моделирование макросегрегации в непрерывно-литых тонких слябах / Li Zhongyan, Zhao Jiuzhou // Tezhong zhuzao ji youse hein = Spec. Cast. and Nonferrous Alloys. - 2005. - № 1. - С. 23-25. - РЖ Metallургия, 05.11-15В.209. - Кит.; рез. англ.

Разработана комплексная математическая модель для описания температурных полей, распределения примесей и турбулентного движения расплавленной стали. Модель использована для расчета процесса затвердевания тонких слябов и формирования макросегрегации в центральной области заготовки.

418. Цифровое моделирование поведения жидкости в кристаллизаторе слябовой установки непрерывной разливки с продувкой аргоном / Yu Huixiang [et al.] // Beijing keji daxue xuebao = J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2003. - 25, № 3. - С. 215-217. - РЖ Metallургия, 04.03-15Б.16. - Кит.; рез. англ.

Многофазная математическая модель была применена для моделирования полей скоростей и температур и распределения газа в расплавленной стали в кристаллизаторе слябовой установки непрерывной разливки при вдувании аргона, которое приводит к увеличению скорости поднимающихся потоков, уменьшению нижней зоны рециркуляций и градиента температур.

419. Цифровое моделирование погружаемых сопел в тонкослябной установке непрерывной разливки / Wang Xiao, Xu Yanqing, Yang Jinsong // Naihuo cailiao = Refractories. - 2004. - 38, № 1. - С. 40-41. - РЖ Metallургия, 05.02-11Б.11. - Кит.; рез. англ.

Методом конечных элементов проведено цифровое моделирование движения металла в кристаллизаторе тонкослябной установки непрерывной разливки стали. Рассчитано распределение скоростей при различных глубинах погружения и форме выходного отверстия разливочного сопла, равного 300 мм.

420. Цифровое моделирование тепловых процессов при непрерывной разливке и прокатке тонких слябов / Wu Wen-fei, Zhang Xin-xin // Re kexue yu jishu = J. Therm. Sci. and Technol. - 2002. - 1, № 1. - С.24-27. - РЖ Metallургия, 03.09-15Б.18. - Кит.; рез. англ.

Разработана двумерная математическая модель теплопередачи для сляба и полосы в процессе непрерывной разливки и прокатки тонких слябов. Определены комплексные граничные условия, учитывающие теплопередачу конвекцией в зазоре между слябом и кристаллизатором и теплопроводность между валками прокатного стана и полосой.

421. Численное моделирование затвердевания жидкой стали в слябовом кристаллизаторе / Zhang Jiongming [et al.] // J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2004. - 26, № 2. - С. 130-134. - РЖ Metallургия, 05.08-15В.216. - Кит.; рез. англ.

Предложена математическая модель расчета распределения напряжений в затвердевающей корочке сляба в кристаллизаторе, на основе локальных потоков тепла, определенных с помощью замеров температуры в медной плите кристаллизатора. Уравнения затвердевания жидкой стали построены для реализа-

ции метода конечных элементов. При решении использовали программное обеспечение ANSYS.

422. Численное моделирование затвердевания стали в кристаллизаторе машины непрерывной разливки = *Symulacja numeryczna krzepnięcia stali w krystalizatorze urządzenia cos* / Jowša Jan [et al.] // *Czestochowa : Wyd. Wydz. inż. proces., mater. i fiz stos. Politechn. - Czestochow., 2004. - С. 107-110. - РЖ Металлургия, 06.03-15В.189. - Пол.; рез. англ.*

Проанализированы результаты численного моделирования процесса непрерывной разливки на основе разработанной модели, представляющей затвердевание с учетом осевой симметрии слитка, в двухмерном пространстве.

423. Численное моделирование макронестабильности в процессе непрерывной разливки = *Numerical modeling of macro-instabilities in the continuous casting process* / R. Schwarze, A. Ruckert, F. Obermeier // *ECCC 2005 : 5 European Continuous Casting Conference, Nice, June 20-22, 2005. - Paris : Assoc. Techn. Sider, 2005. - С. 594-601. - РЖ Металлургия, 07.01-15В.197. - Англ.*

Проанализированы результаты расчетов по числовой (математической модели) транзитных турбулентных потоков на основе общих уравнений Рейнольдса с учетом неустойчивости и удаленности от равновесия.

424. Численное моделирование непрерывного литья стали в магнитном поле = *Numerical computation for the melt convection of the model system of continuous steel casting with various magnetic fields* / Ezaki Kouji [et al.] // *ISI International. - 2003. - 43, № 6. - С. 907-914. - РЖ Металлургия, 04.06-15В.174. - Англ.*

Выполнено компьютерное моделирование процесса непрерывного литья стали с воздействием различных магнитных полей.

425. Численное моделирование проникновения порошкообразной защитной смеси, вводимой в кристаллизатор, происходящего при завихрениях в процессе непрерывной разливки = *Numerical study on mould powder entrapment caused by vortexing continuous casting process* / Kastner Gebhard [et al.] // *Steel Res. Int. - 2006. - 77, № 6. - РЖ Металлургия, 07.01-15В.189. - Англ.*

Нестационарное трехмерное турбулентное течение оказывает отрицательное влияние на процесс непрерывной разливки. Обычно защитная смесь, вводимая в кристаллизатор, не только снижает потери тепла со стороны зеркала металла, но выполняет еще роль смазки между соприкасающимися поверхностями корочки слитка и кристаллизатора.

426. Экспериментальное исследование и математическое моделирование движения пузырьков в слябовом кристаллизаторе = *Experimental simulation and mathematical modelling of air movement in slab caster mold* / Singh Vicas [et al.] // *ISI International. - 2006. - 46, № 2. - С. 210-218. - РЖ Металлургия, 06.10-15В.12. - Англ.*

Проведенное математическое моделирование показало, что оно может быть успешно использовано для совершенствования технологий разливки.

11. Нагрев металла

427. Анализ особенностей температурных режимов нагрева непрерывно-литых и катаных стальных заготовок / М.В. Темлянцев [и др.] // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2004. - № 10. - С. 46-47.

428. Багмутов В.П. Математическое моделирование нестационарных процессов формирования высокоградиентных структурно-фазовых и напряженно-деформированных состояний при получении и обработке материалов / В.П. Багмутов, И.Н. Захаров // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 2. - С. 19-25.

429. Выбор рационального режима нагрева непрерывно-литых заготовок в печи с шагающими балками / В.И. Тимошпольский [и др.] // Сталь. - 2003. - № 11. - С.53, 56-57. - РЖ Металлургия, 04.03-15Б.58.

На основании разработанной математической модели нестационарной теплопроводности и термоупругости исследованы поля температур и термических напряжений при нагреве непрерывно-литых заготовок сечением 300-400 мм из высокоуглеродистых и легированных сталей и рекомендованы рациональные температурно-тепловые режимы.

430. Галанин М.П. Разработка и реализация вычислительного алгоритма для расчета температурных напряжений, возникающих при нагреве металла с учетом фазовых переходов / М.П. Галанин, М.А. Гузев, Т.В. Низкая // Препр. Ин-т прикл. мат. РАН. - 2005. - № 35. - С. 1-19. - РЖ Металлургия, 06.07-15Б.18.

Разработана пространственная двумерная математическая модель, учитывающая зависимость свойств материала в зависимости от температуры и наличие фазовых переходов. Модель включает уравнения равновесия среды и уравнение теплопроводности специального вида. Реализован конечно-элементный алгоритм решения этих уравнений. Также в работе представлены результаты расчетов температурного поля и поля напряжений при нагреве пластины.

431. Голубев В.О. Применение разностных методов для математического моделирования металлургических печей / В.О. Голубев, И.Н. Белоглазов // Компьютерное моделирование при оптимизации технолог. процессов электротермических пр-в : докл. науч.-техн. конф. "Электротермия-2004", посвящ. 70-летию каф-ры электротермии СПбГТИ, Санкт-Петербург, 1-4 июня, 2004. - СПб. : Изд-во СПХФА, 2004. - С.281-383. - РЖ Металлургия, 05.05-15Б.10.

Для расчета пламенных печей тепловой обработки металлов разработаны программы, позволяющие рассчитывать кривые распределения температуры в рабочем пространстве печи, время прогрева заготовок, а также оптимизировать тепловой режим и минимизировать энергетические затраты. При моделировании обжиговых и плавильных печей необходимо учитывать особенности массопереноса при сушке, сублимации, изменении кристаллической структуры веществ и химических реакциях.

432. Горбунов В.А. Оптимальный нагрев металла с минимальным расходом топлива в камерной печи на основе "наследственного" алгоритма / В.А. Горбунов // Изв. вузов. Чер. Metallургия. – 2005. - № 1. – С. 57-60.

433. Зимин Л.С. Тепловая модель индукционного нагрева алюминиевого сляба / Л.С. Зимин, М.Е. Федотов // Мат. моделирование и краевые задачи : тр. 2 Всерос. науч. конф., Самара, 1-3 июня 2005. Ч. 2. - Самара : Изд-во СамГТУ, 2005. - С. 11-112. - РЖ Metallургия, 06.09-15Б.66.

Характер образования температурного поля в процессе индукционного нагрева сляба определяется основными законами теплопроводности, но имеет ряд особенностей, обусловленных прямоугольной формой сляба и физической сущностью индукционного нагрева. Это приводит к необходимости разработки трехмерной математической модели.

434. Ибадуллаев Т.Б. Математическое моделирование сложного теплообмена в камерной печи периодического действия / Т.Б. Ибадуллаев, В.А. Арутюнов, А.Ю. Кривцов // Изв. вузов. Чер. metallургия. - 2006. - № 7. - С. 49-52.

Разработана математическая модель нагрева металла в печи с выкатным подом, включающая расчеты процессов движения газов и сложного сопряженного теплообмена. Конвективная составляющая теплообмена рассчитана путем численного решения системы уравнений энергии, Навье-Стокса и неразрывности.

435. Ибадуллаев Т.Б. О математическом моделировании сложного теплообмена в камерной печи периодического действия / Т.Б. Ибадуллаев, В.А. Арутюнов, И.А. Левицкий // Тр. 3 Междунар. науч.-практ. конф. "Metallургическая теплотехника : история, современное состояние, будущее. К столетию со дня рождения М.А. Глинкова", Москва, 1-3 февр., 2006. - М. : Изд-во МИСиС, 2006. - С. 297-302. - РЖ Metallургия, 06.11-15Б.39.

Получена и апробирована математическая модель нагрева металла в печи с выкатным подом, включающая в себя расчеты процессов движения газов и теплообмена. Расчет конвективной составляющей теплообмена произведен путем численного решения системы уравнений энергии, Навье-Стокса и неразрывности.

436. Комплексное исследование работы нагревательных печей БМЗ / В.И. Тимошпольский [и др.] // Сталь. - 2004. - № 10. - С. 37-41.

437. Корнилова И.Г. Математическая модель газодинамического режима методической печи / И.Г. Корнилова, В.В. Дегтярев // Автоматизация технол. и произв. процессов в metallургии : межвуз. сб. науч. тр. - Магнитогорск : Изд-во МГТУ, 2004. - С. 117-122. - РЖ Metallургия, 05.06-15В.42.

Получены регрессионные зависимости давления на уровне нагреваемого металла в 5-ти точках по длине печи и давление в нижней зоне от расхода газа в зонах.

438. Лисиенко В.Г. Моделирование объектов с распределенными параметрами на примере трехуровневых АСУ нагревом металла : учебное пособие / В.Г. Лисиенко, З.Г. Салихов, О.А. Гусев. — Екатеринбург : Изд-во УГТУ-УПИ, 2004. — 162 с. — РЖ Metallургия, 04.09-15В.3К.

Предложены в качестве основы обобщенного термодинамического подхода построения полной математической модели применительно к объектам с распределенными параметрами обменная модель и обобщенное уравнение переноса. Сформулирована концепция построения трехуровневых АСУ ТП применительно к объектам управления с распределенными параметрами, включающих в качестве верхнего уровня поддерживающий имитационно-оптимизирующий контур. Рассмотрена структура ТАСУ ТП на примере АСУ нагревом материала (металл, окатыши).

439. Математическая модель теплового состояния расплава в промежуточной емкости электронно-лучевой ёмкости / С.Н. Сергиенко [и др.] // Тр. 3 Междунар. науч.-практ. конф. "Металлургическая теплотехника: история, современное состояние, будущее. К столетию со дня рождения М.А. Глинкова", Москва, 1-3 февр., 2006. - М. : Изд-во МИСиС, 2006. - С. 576-580. - РЖ Metallurgia, 06.12-15Б.72.

440. Осипов П.П. Двумерные задачи нагрева и плавления под действием излучения / П.П. Осипов // Актуальные проблемы механики сплошной среды. К 70-летию чл.-корр. РАН М.А. Ильгамова : сборник. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2004. - С. 158-171. - РЖ Metallurgia, 06.01-15Б.11.

Приводятся основные уравнения, описывающие процессы нагрева плавления твердых тел под действием излучения. Подробно обсуждаются алгоритмы численного решения этих уравнений для двумерных задач.

441. Применение информационных технологий для оптимизации нагрева слитков хромоникелевых сталей / С.М. Полонская [и др.] // Сталь. - 2005. - № 7. - С. 93-96.

442. Разработка математической модели нагрева заготовок различной конфигурации в пламенных печах / В.И. Тимошпольский [и др.] // Тр. 3 Междунар. науч.-практ. конф. "Металлургическая теплотехника : история, современное состояние, будущее. К столетию со дня рождения М.А. Глинкова", Москва, 1-3 февр., 2006. - М. : Изд-во МИСиС, 2006. - С. 576-580. - РЖ Metallurgia, 06.12-15Б.53.

Разработана усовершенствованная математическая модель сопряженного теплообмена применительно к нагревательным печам с шагающим и кольцевым вращающимся подом. Выполнена параметрическая идентификация модели.

443. Ревун М.П. Математическая модель динамики нагрева в газовых печах камерного типа / М.П. Ревун, В.Ю. Зинченко // Наукові праці Запорізької держав. Інженерної академії. Сер. Metallurgія. - 2006. - № 13. - С. 960-100. - РЖ Metallurgia, 06.08-15Б.44. - Рус.; рез. укр.

Математическая модель динамики нагрева в камерных печах в линейном приближении представляет собой совокупность трех апериодических звеньев первого порядка, охваченных положительной обратной связью.

444. Теплофизический и термомеханический анализ процессов непрерывной разливки и нагрева заготовок / В.И. Тимошпольский [и др.] // Тр. 3 Междунар. науч.-практ. конф. "Металлургическая теплотехника : история, современное состояние, будущее. К столетию со дня рождения М.А. Глинкова", Мо-

сква, 1-3 февр., 2006. - М. : Изд-во МИСиС, 2006. - С. 583-587. - РЖ Metallургия, 06.12-15Б.29.

Разработана математическая модель совмещенного технологического процесса "разливка на МНЛЗ - охлаждение - нагрев в печи", включающая уравнения теплопроводности и вязкоупругости, в которых учтена нелинейность тепловых и механических свойств стали от температуры.

445. Тимошпольский В.И. О математическом моделировании сложного теплообмена в камерной печи периодического действия / В.И. Тимошпольский, Ю.А. Самойлович, В.А. Маточкин // Тр. 3 Междунар. науч.-практ. конф. "Металлургическая теплотехника : история, современное состояние, будущее. К столетию со дня рождения М.А. Глинкова", Москва, 1-3 февр., 2006. - М. : Изд-во МИСиС, 2006. - С. 297-302. - РЖ Metallургия, 06.11-15Б.39.

Получена и апробирована математическая модель нагрева металла в печи с выкатным подом, включающая в себя расчеты процессов движения газов и теплообмена. Расчет конвективной составляющей теплообмена произведен путем численного решения системы уравнений энергии, Навье-Стокса и неразрывности.

446. Физико-математическая модель и алгоритм расчета теплопередачи теплопроводностью в стальной заготовке при ее несимметричном нагреве в печи / О.М. Улітенко [и др.] // Теория и практика металлургии. - 2004. - № 2. - С. 18-21. - РЖ Metallургия, 04.11-15Б.37. - Укр.; рез. рус.

Рассмотрены физико-математическая модель и алгоритм расчета процесса теплопередачи теплопроводностью в стальной заготовке при ее несимметричном нагревании в печи, использование которых позволяет определить температурное поле и продолжительность нагревания заготовок в зависимости от степени его асимметричности

447. Фролов Ю.А. Математическая модель теплового состояния расплава в промежуточной емкости электронно-лучевой ёмкости / Ю.А. Фролов, Л.И. Полоцкий // Тр. 3 Междунар. науч.-практ. конф. "Металлургическая теплотехника : история, современное состояние, будущее. К столетию со дня рождения М.А. Глинкова", Москва, 1-3 февр., 2006. - М. : Изд-во МИСиС, 2006. - С. 576-580. - РЖ Metallургия, 06.12-15Б.72.

448. Численное моделирование температур и напряжений в слитке при плоскофакельном и круглофакельном вторичном охлаждении / А.Н. Чичко [и др.] // Сталь. - 2004. - № 10. - С. 20-23.

449. Чичко А.Н. Математическая модель расчета напряжений движущегося в печи слитка / А.Н. Чичко, А.С. Бороздин // Изв. вузов. Чер. металлургия. - 2005. - № 8. - С.47-50.

450. Чичко А.Н. Моделирование процесса нагрева слитка в многозонной печи / А.Н. Чичко, А.С. Бороздин // Сталь. - 2006. - № 1. - С. 46-48.

Предложена трехмерная математическая модель процессов теплообмена и температурных напряжений для объектов с пространственно распределенными характеристиками, движущихся с заданной скоростью в неоднородном температурном поле.

451. Математическая модель регенеративной нагревательной печи непрерывного действия / Tian Hong [et al.] // Cailiao yu yejin xuebao = J. Mater. and Met. - 2004. - 3, № 2. - С. 137-140. - РЖ Metallургия, 06.01-15Б.32. - Кит.; рез. англ.

Разработана математическая модель регенеративной нагревательной печи периодического действия в предположении серого излучения футеровки.

452. Математическая модель температурного поля пластины при нестационарном нагреве в проходной печи = A mathematical model of the temperature field in a flat plate at non-stationary heating in the flow-through oven / Tahirbegovic Kemal, Voronjec Dimitrije // Facta Univ. Ser. Mech. Eng. Univ. Nis. - 2005. - 3, № 1. - С. 69-80. - РЖ Metallургия, 06.11-15Б.44. - Англ.; рез. хорват.

Разработана двумерная математическая модель для расчета температурных полей в пластинах конечной толщины при нестационарном нагреве в проходной печи. Приведены результаты решения уравнений модели цифровым методом конечных разностей.

453. Моделирование индукционного нагрева методом конечных элементов / Xu Xue-feng, Wu Jin-fu // Jinshu rechuli = Heat Treat. Metals. - 2005. - 30, № 12. - С. 85-88. - РЖ Metallургия, 07.01-15Б.93. - Кит.; рез. англ.

Разработана математическая модель для моделирования методом конечных элементов с использованием программного продукта ANSYS. При расчете температурных и электромагнитных полей учитывались нелинейные зависимости свойств материала от температуры.

454. Оптимизация режима нагрева заготовок в нагревательной печи / Xue Nianfu, Li Li, Qi Shuagyang // Gand tie fan tai = Iron Steel Vanadium Titanium. - 2005. - 26, № 3. - С. 53-59. - РЖ Metallургия, 06.08-15Б.49. - Кит.; рез. англ.

Разработана математическая модель нагрева непрерывно-литых заготовок в толкательной нагревательной печи. Проанализировано распределение температур в заготовках по расчетным и экспериментальным данным.

455. Применение онлайн-математической модели при нагреве слэбов в толкательной печи = The implementation of an online mathematical model of slab reheating in a pusher furnace / Jaklic Anton [et al.] // Mater. in tehnol. - 2005. - 39, № 6. - С. 215-220. - РЖ Metallургия, 06.05-15Б.26. - Англ.

Разработана математическая модель нагрева слэбов в толкательной методической трехзонной печи завода Arconi (Словения), позволяющая получать информацию в реальном времени о температуре каждого слэба по ходу его нагрева.

456. Цифровое моделирование движения газов в нагревательной печи с вихревыми горелками = Numerical simulation of flow in a reheating furnace with multi-swirling-burners / Li Baowei [et al.] // J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2003. - 10, № 5. - С.20-23. - РЖ Metallургия, 04.02-15Б.28. - Англ.

На основе метода конечных объемов разработана программа для цифрового моделирования трехмерного движения газов в нагревательных печах. Проведено компьютерное моделирование и рассчитаны поля скоростей в печи с вихревыми горелками.

457. Цифровое моделирование температурного поля в слябах, нагреваемых в печи с шагающими балками / Qing Gele [et al.] // Beijing keji daxue xuebao = J. Univ. Sci. and Techn. Beijing. - 2004. - 26, № 2. - С. 164-168. - РЖ Металлургия, 05.05-15Б.31. - Кит.; рез. англ.

С использованием метода конечных разностей проведено цифровое моделирование нагрева слябов в трехзонной печи с шагающими балками. Получено, что увеличение температуры в сварочной зоне начальной температуры слябов и излучательной способности печных газов повышают эффективность нагрева при гарантированном качестве нагрева.

458. Цифровое решение уравнений теплопередачи в сплавах при нелинейных граничных условиях = Solucion numerica de process de rtransferenciade calor en aleaciones de contorno no lineales / F. Alhama, D. Alcaraz, C.F. Gonzalez-Fernandez // Rev. met. / CENIM. - 2005. - Прил. - С. 304-308. - РЖ Металлургия, 06.09-15Б.14. - Исп. ; рез англ.

Теплофизические свойства, в особенности удельная теплоемкость, многих сплавов показывают существенную температурную зависимость в процессе фазовых превращений.

Список просмотренных источников

1. РЖ 15. Metallургия / ВИНТИ. 2003 (№№ 9-12) -2006 гг.
2. Известия вузов. Черная металлургия. 2003-2006 гг.
3. Сталь. 2003-2006 гг.
4. Metallург. 2003-2006 гг.
5. Metallургическая и горнорудная промышленность. 2003-2006 гг.
6. Черные металлы. 2003-2006 гг.
7. Металлы. 2003-2006 гг.
8. Электрометаллургия. 2003-2006 гг.
9. Metallургия машиностроения. 2003-2006 гг.
10. Промышленная теплотехника. 2003-2006 гг.

Библиографическое издание

Математическое моделирование металлургических процессов

Ретроспективный библиографический указатель
(2004-2006 гг.)

Составитель
Крылова Любовь Васильевна

Изд. лиц. № 01439 от 05.04.2000 г. Подписано в печать 15.11.07 г.
Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага писчая. Ризография.
Усл. печ. л. Уч.-изд. л. Тираж экз. Заказ

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.
Издательский центр ГОУ ВПО «СибГИУ»