

Изготовление моделей методом теплового удара с использованием полуавтомата модельного ПМ-5М1 конструкции ООО «ЛГМ-групп» состоит из следующих технологических операций. В начале полистирол требуемой фракции предварительно вспенивается в предвспенивателе в среде перегретого пара. Затем подвспененные гранулы полистирола пневмотранспортом поступают в бункера, где происходит сушка и активация пенополистирола. После вылеживания пенополистирол пневмотранспортом подается в раздаточный бункер полуавтомата модельного ПМ-5М1. Затем из раздаточного бункера пенополистирол с помощью задувных устройств – эжекторов подается в полость пресс-формы ПМ-5М1. Спекание пенополистироловых гранул в модель производится в среде сухого насыщенного пара, подаваемого непосредственно в полость пресс-формы, после чего происходит охлаждение модели путем подачи воды непосредственно в камеру пресс-формы ПМ-5М1. После охлаждения пресс-формы производится ее автоматическое раскрытие и извлечение модели с помощью сжатого воздуха. Готовые модели помещают в специальную тару и с помощью тележек транспортируются на стеллажи для сушки и вылеживания на сутки. Технологические параметры изготовления моделей определяются для каждого вида моделей в процессе отработки технологии и зависят от конструкции пресс-формы, параметров теплоносителя, качества и активности применяемого пенополистирола, типа получаемой модели.

669.15–194:532.528

С. Я. Шипицын, Ю. З. Бабаскин, Т. В. Степанова

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

**ВЛИЯНИЕ ВИДА УПРОЧНЕНИЯ АУСТЕНИТА Cr – Mn – N-СТАЛЕЙ НА ЕГО
КАВИТАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ, МЕХАНИЗМ И СТЕПЕНЬ
ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ**

Увеличение КПД, надежности и долговечности энергоблоков тепловой и атомной энергетики возможно при переходе на повышенные температуру (до 650 °С) и давление пара (до 350 МПа). Для этого необходимы стали с высоким уровнем длительной прочности и низкой ползучестью, а для запорно-регулирующей арматуры дополнительно с высокой кавитационной и коррозионной стойкостью.

ФТИМС НАН Украины выполнены исследования влияния вида упрочнения аустенита (твердорастворного, дисперсионного и комплексного) на эффективность и механизм деформационного упрочнения и кавитационную стойкость Cr – Mn – N-сталей с устойчивым и склонным к деформационному мартенситному превращению аустенитом. Результаты проведенных работ показали, что кавитационная стойкость сталей с близким уровнем легированности в большей степени определяется механизмом деформационного упрочнения, чем его величиной. Дислокационный механизм деформационного упрочнения приводит к более высокому уровню кавитационной стойкости, чем сдвиговой $\gamma \rightarrow \alpha$ -(ϵ M). При близких величинах деформационного упрочнения дислокационное упрочнение по механизму Орована обеспечивает более однородное, чем двойниковые выделения ϵ -мартенсита, повышение прочности в микрообъемах металла без снижения пластичности за счет торможения деформационных дислокаций дисперсионной, некогерентной, наноразмерной, статистически равномерно распределенной фазой, а также мало- и среднеугловыми границами полигонизованной субструктуры. Полученные результаты показывают перспективность метода дисперсионного упрочнения стабильного аустенита для разработки Cr – Mn – V – N-сталей нового поколения с высоким уровнем кавитационной, коррозионной и теплостойкости для высокотемпературной теплоэнергетики.

УДК 456.261:66-936.7:669.715

В. А. Щерецкий, А. С. Затуловский, А. А. Щерецкий

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОФАЗНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ КАРБИДОВ W, Mo И Zr С АЛЮМИНИЕМ

Алюминиевые сплавы хорошо зарекомендовали в качестве недорогого, легкого и прочного материала для авиастроения, автомобилестроения, потребительских товаров и других отраслей промышленности. Усовершенствование методов консолидации порошковых составляющих с применением экструзии и пропитки порошковых частиц, расширение номенклатуры упрочняющих фаз находящихся на поверхности или внутри частиц алюминиевого порошка, может обеспечить новый толчок развитию гетерогенных алюминиевых материалов,

повысить их привлекательность алюмоматричных композиционных материалов, обеспечит возможность получения материалов специального назначения [1].

В работе исследованы особенности армирования алюминиевой матрицы наноразмерными порошками карбидов вольфрама, циркония, молибдена и титана. Установлены температуры взаимодействия карбидов с порошками алюминия и в экструдированных заготовках, до и после плавления матрицы, установлены температуры взаимодействия карбидов с алюминием.

Нанодисперсные частицы Zr, Mo и W получали методом электроискрового диспергирования (ЭИД) в керосине (ТС-1) [2]. Для получения высокодисперсных порошков методом электроискрового диспергирования использовали проволоки чистых металлов (молибдена, титана, циркония и вольфрама) с содержанием примесных элементов не более 0,01. Порошки получали при рабочем напряжении между электродами 160 В и частоте электрических импульсов 100 Гц. Исследование формы и размеров частиц осуществляли с применением сканирующего электронного микроскопа «NeoScope» ISM-5000. Рентгено-фазовый анализ проводили с использованием дифрактометра ДРОН-3.0 с кобальтовым анодом. При помощи термического анализа на приборе STA 449F1 исследовали взаимодействие в микрогранулах состоящих из алюминиевой сердцевины покрытой наноразмерными частицами. Точность измерения температур составляла 1,5 °С.

Для проведения структурного и фазового анализа суспензию нанопорошков в керосине высушивали в сушильном шкафу в потоке воздуха. Высокодисперсные порошки наносили в ультразвуковом поле на алюминиевые частицы сплава марки А7 с последующими сушкой и механической фиксацией, препятствуя их агломерации. Температурные характеристики твердофазного взаимодействия нанодисперсных карбидов с алюминием определяли расшифровкой термограмм дифференциального термического анализа.

Взаимодействие нанодисперсных частиц карбидов молибдена с алюминием проходит в три этапа при $T = 349,6; 488,2; 552,9$ °С.. Взаимодействие нанодисперсных частиц карбида вольфрама с алюминиевой пудрой проходит менее интенсивно, в два этапа при $T = 477,9$ и $507,6$ °С. Взаимодействие наноразмерных частиц циркония фиксировали начиная с мало интенсивного взаимодействия при температуре 348 °С, активно взаимодействие отмечалось при 496 °С.

Интенсивное взаимодействие в исследованных системах наблюдается при температурах выше 450 °С, что позволяет проводить твердофазную консолида-

цию в заданных пределах без взаимодействия и деградации упрочняющих фаз с алюминиевой матрицей. Также с помощью средств электронной микроскопии установили, что при дальнейшем жидкофазном контакте в результате взаимодействия наноразмерных частиц (<100 нм) с алюминием, образующиеся фазы имеют микронные размеры.

Список литературы

Щерецкий В. А., Затуловский С. С. Триботехнические характеристики алюмоматричных композитов с гибридными наполнителями, включающими наноуглеродные структуры // Литейное производство. – 2008. – № 11. – С. 11-14.

Чуистов К. В., Шпак А. П., Перекос А. Е., Рудь А. Д., Уваров В. Н. Малые металлические частицы: способы получения, атомная и электронная структура, магнитные свойства и применение // Успехи физики металлов. – 2003. – Т 4, № 4. – С. 235-270.

УДК 669.0

Г. Эффенберг, М. А. Турчанин

Materials Science International, Штутгарт

Донбасская государственная машиностроительная академия, Краматорск

MSI Eureka – ИНТЕРАКТИВНАЯ БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Для специалистов, работающих в области создания материалов и разработки новых технологических процессов разработан новый продукт – MSI Eureka (<http://www.msiport.com>), который является интерактивной базой данных о фазовых равновесиях, структуре и свойствах неорганических веществ, включая металлические сплавы (чугуны, стали, сплавы цветных металлов, магнитные материалы, сплавы для электротехники и электроники, медицины и т.д.), неметаллические материалы (керамические материалы, полупроводники, сенсоры и т.д.) и композиционные материалы (композитные сплавы, цементы и т.д.).

База данных MSI Eureka содержит в себе информацию более чем из 334000 литературных источников и представляет сведения более чем по 59000 комбинаций элементов. В ней представлены данные, как по чистым элементам,

так и по двух-, трех- и многокомпонентным системам, вплоть до пятнадцатикомпонентных систем. Информация представлена на различных уровнях, включающих в себя список литературных источников об интересующей системе (Links to Literature), результаты отдельных научных исследований, в том виде, в каком они были приведены в литературе (Research Results и Diagrams as Published), и детальные описания систем (Evaluations), среди которых 155 описаний двойных систем и 3848 описаний тройных систем. База данных постоянно пополняется информацией из современной периодической литературы. Этот гигантский объем информации доступен благодаря глобальным усилиям международной группы ученых, работающих в области строения материалов и представляющих ведущие университеты и лаборатории из 20 стран мира.

**II МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МЕТАЛЛУРГИЯ 2013**

21 – 24 мая 2013 ГОДА

УКРАИНА, ЗАПОРОЖЬЕ

2013

СОДЕРЖАНИЕ

А. В. Бабенко, Я. В. Стовба, Л. В. Камкина, Р. В. Анкудинов, В. П. Камкин ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО АГЛОМЕРАТА ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ КОМПОНЕНТОВ ШИХТЫ	226
Б. Ф. Белов, А. И. Троцан, Ф. С. Крейденко, И. Л. Бродецкий СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ	228
В. С. Богушевский, О. С. Абрамова, М. В. Горбачова КОНТРОЛЬ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ В КОНВЕРТЕРЕ В ПРОЦЕССЕ ПРОДУВКИ	230
В. С. Богушевский, Ю. О. Смашнюк, О. В. Шматко. КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В КОНВЕРТЕРЕ	232
В. С. Богушевский, В. Ю. Сухенко, Я. Д. Чернушевич КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛА В КОНВЕРТЕРЕ В ПРОЦЕССЕ ПРОДУВКИ	234
С. Б. Бойченко, Ю. С. Пройдак, А. Н. Стоянов, Е. В. Синегин, Е. В. Штапура К ВОПРОСУ О ГИДРОДИНАМИКЕ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ ФЛОКЕНОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ СТАЛИ	236
А. Г. Величко, С. Б. Бойченко, Ю. С. Пройдак, Б. М. Бойченко БАЛАНС СОДЕРЖАНИЯ ВОДОРОДА В ФЛОКЕНОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ СТАЛИ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ МНЛЗ	239
В. Н. Власенко, А. М. Гришин ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОКОМКОВАНИЯ И МЕТАЛЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАМОВ	241
В. Н. Власенко, В. К. Симонов ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЕРОДА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ КОМПЛЕКСНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА	243
Ю. А. Гичёв, К. А. Израелян ТЕПЛООБМЕН ГАЗОВОЙ СТРУИ СО СТАЛЕВЫПУСКНЫМ ОТВЕРСТИЕМ В СИСТЕМЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ОТСЕЧКИ ШЛАКА	245
Ю. А. Гичёв, К. А. Израелян ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОВОЙ СТРУИ В УСТРОЙСТВЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ОТСЕЧКИ ШЛАКА	247
Ю. А. Гичёв, М. Ю. Ступак ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЕ ОПРОБОВАНИЕ ПУЛЬСАЦИОННОГО СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА ПРИ РАЗОГРЕВЕ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ	249
Ю. А. Гичёв, К. А. Израелян, О. В. Переверзева ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБЖИГА ИЗВЕСТНЯКА ОТХОДЯЩИМ ГАЗОМ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ КОНВЕРТЕРОВ	251
Ю. А. Гичёв, О. В. Переверзева ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ КОНВЕРТЕРНЫМ ГАЗОМ	253
С. М. Григорьев, А. С. Петрищев, А. М. Ковалёв СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ МОЛИБДЕНСОДЕРЖАЩИХ ЛЕГИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ	255
А. М. Гришин, В. Н. Власенко РОЛЬ $F_{e,мет}$ В ПРОЦЕССЕ ТВЕРДОФАЗНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДНОЙ ФАЗЫ	257
С. В. Журавлева, Ю. С. Паниотов, В. С. Мамешин, А. С. Гриценко ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКИХ ФАЗ НА СТЕПЕНЬ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ МЕТАЛЛА В УСЛОВИЯХ ОБРАБОТКИ НА АГРЕГАТЕ КОВШ-ПЕЧЬ	259
Л. Е. Исаева, И. Е. Лев, Н.М. Великонская, А.Г. Безшкуренко ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫПЛАВКИ СТАЛЕЙ С ПОВЫШЕННОЙ ПРОКАЛИВАЕМОСТЬЮ ЗА СЧЕТ БОРА	261
Д. А. Казарін, М. П. Волкотруб, М. І. Прилуцький АЛЮМОТЕРМІЧНИЙ СПОСІБ ОТРИМАННЯ ФЕРОТИТАНУ З ВМІСТОМ ТИТАНУ 40–43% БЕЗ ДОДАВАННЯ ТИТАНОВИХ ВІДХОДІВ	263
Л. В. Камкина, Я. В. Стовба, Н. А. Колбин, А. П. Мешалкин, Р. В. Анкудинов. ВЫБОР УГЛЕРОДИСТЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	265
Н. А. Колбин, Ю. И. Сокур, Л. Ю. Колодяжная, А. В. Боченкова ПОВЕДЕНИЕ СЕРЫ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ	267
Ф. Л. Леоха, А. Д. Рябцев, С. Н. Ратиев, А. А. Грицюк ЛЕГИРОВАНИЕ ТИТАНА КИСЛОРОДОМ И УГЛЕРОДОМ ПРИ КАМЕРНОМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОМ ПЕРЕПЛАВЕ	269
С. М. Лупинос, Д. В. Прутцков О МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ	271
А. П. Мешалкин, Л. В. Камкина, А. Г. Безшкуренко, А. Н. Бабенко, Ю. И. Сокур ВОССТАНОВИТЕЛЬНО – ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ	273
А. П. Мешалкин, С. В. Пшигоцкий, Л. В. Камкина ХОЛОДНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ВЗАИМО-	275

ДЕЙСТВИЯ СТРУЙ ГАЗА С ЖИДКОЙ ВАННОЙ	
К. Г. Низяев, Л. С. Молчанов, Б. М. Бойченко, А. Н. Стоянов, Е. В. Синегин РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВВОДА АКТИВНЫХ РЕАГЕНТОВ В РАСПЛАВ	277
В. В. Перескока, А. П. Мешалкин, Л. В. Камкина, Ю. Д. Стогний, Н. А. Колбин ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ МЕТАЛЛУРГИИ И НЕКОТОРЫЕ РЕШЕНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	279
Ю. С. Пройдак, И. В. Деревянченко, Л. В. Камкина, А. П. Стовпченко, А. Г. Безшкуренко, Ю. Н. Грищенко ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗЛИВАЕМОСТЬ ЭЛЕКТРОСТАЛИ НА МНЛЗ	281
Е. В. Синегин, Б. М. Бойченко, В. Г. Герасименко, Л.С. Молчанов ОБОСНОВАНИЕ ЧИСЕЛ ПОДОБИЯ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИКРОХОЛОДИЛЬНИКОВ С ЖИДКИМИ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ РАСПЛАВАМИ В ПРЕДКРИСТАЛЛИЗАЦИОННЫЙ ПЕРИОД	283
Ю. И. Сокур, В. И. Шахова, Л. В. Камкина, Р. В. Анкудинов, В. Ю. Камкин УТИЛИЗАЦИЯ ЖЕЛЕЗА КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАКОВ ПРИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ВОДОРОДА	285
О. В. Соценко, Б. Б. Бобров, Д. С. Волгин, В. М. Орлова КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ ДОМЕННЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ И ШЛАКОВОЗНЫХ ЧАШ	287
Я. В. Стовба, Л. В. Камкина, Р. В. Анкудинов МЕХАНИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ ШИХТЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МАРГАНЦЕВОГО АГЛОМЕРАТА	289
Е.С. Титова ТЕХНОЛОГИИ ВНЕДОМЕННОЙ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА В ПРАКТИКЕ СОВРЕМЕННОЙ МЕТАЛЛУРГИИ КИТАЯ	291
Т. М. Титова, В. П. Полетаев, М. С. Бешкенадзе ВНЕДОМЕННОЕ ДЕСУЛЬФУРАЦИЯ ЧУГУНА В СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ И ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕТАЛЛОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ	293
А. Г. Чернятевич, А. С. Грищенко МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДУТЬЕВОГО РЕЖИМА КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКИ	295
А. Г. Чернятевич, А. С. Грищенко, С. Є. Ганжа УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ НАКОНЕЧНИКА КИСНЕВОЇ ФУРМИ З ЦЕНТРАЛЬНИМ ПІДВЕДЕННЯМ ВОДИ	297
А. М. Верховлюк, А.А. Безпалый, Ю. М. Левченко, О.В. Желєзняк ДОСЛІДЖЕННЯ МІЖФАЗНОЇ ВЗАЄМОДІЇ РОЗПЛАВІВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ З ВОГНЕТРИВКИ-МИ МАТЕРІАЛАМИ	299
Ю. Н. Левченко, А. В. Железняк, Л. Д. Таранухина ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКООБРАЗНЫХ ЛИГАТУР	300
Н. И. Тарасевич, И. В. Корниец, А. И. Рыбицкий, О. О. Токарева ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ слитков АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА, ПОЛУЧАЕМОГО В ТОНКОСТЕННОМ МЕТАЛЛИЧЕСКОМ КОКИЛЕ	301
Фесенко М.А., Фесенко А.Н., Хомутова О.С. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ЖИДКОГО ЧУГУНА	304

А. В. Бабенко, Я. В. Стомба, Л. В. Камкина, Р. В. Анкудинов, В. П. Камкин
Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО АГЛОМЕРАТА ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ КОМПОНЕНТОВ ШИХТЫ

В процессах обогащения руд и в процессах их дальнейшей переработки при получении металлов и сплавов обычно в качестве факторов интенсификации технологии используется температура и давление, механическое или химическое диспергирование веществ, катализ. Со середины прошлого века формируется новый компонент технологии – механическая активация вещества, в том числе активация большой механической энергией. Реакционная способность железорудных минералов во многом зависит от совершенства их структуры и дефектов кристаллической решетки. Одним из эффективных методов создания дефектного состояния в твердых телах является активационное измельчение, состоящее в диспергировании веществ при механических усилиях. Практические аспекты активационного измельчения были обозначены еще в ранних работах П.А. Ребиндера – основоположника физико- химической механики, которым установлены аномальные физические и химические свойства твердых тел, в частности кварца в тонкодисперсном состоянии. В дальнейшем в своих работах Г.С. Ходаков экспериментально показал связь реакционной способности и, прежде всего, химической активности минералов с аморфизацией структуры, создаваемой механическими воздействиями. Кварц в указанных работах был выбран не только как информативный объект изучения дефектообразования, но и многоцелевой минерал, находящий широкое применение в индустрии. Другие минеральные вещества как объекты механоактивации были исследованы значительно меньше. Особый интерес представляет механическая активация твердых тел и реакций с их участием, так как установлено, что часть механической энергии, подведенной к твердому телу, во время активации, усваивается им в виде новой поверхности, линейных и точечных дефектов. Кроме того, известно, что химические свойства кристаллов определяются наличием в них дефектов, их природой и концентрацией.

Железорудные офлюсованные шихты, представленные многокомпонентной дисперсной системой, включающей оксиды железа, кремния, кальция, магния, алюминия, обладают значительной избыточной поверхностной энергией и

градиентами концентрации по объему, что при существующих режимах термической обработки создает условия для протекания реакций в твердой фазе. Шихтовые материалы, используемые для производства агломерата, содержат различные дефекты, которые определяют их химическую активность и физические свойства. Эти структурные дефекты образуются в процессе роста кристаллов или при дроблении (измельчении) для получения заданного гранулометрического состава шихтовых материалов. Различие в количестве структурных дефектов определяет параметры процесса агломерации и качество агломерата. С термодинамической точки зрения, изменение величины поверхности зерен в результате измельчения осуществляется за счет увеличения расхода энергии, которая затем реализуется в процессе агломерации.

Анализ вероятных твердофазных соединений показывает, что они образуются в результате реакций между железосодержащими оксидами, пустой породой спекаемых материалов, флюсующими добавками. Число контактов между этими оксидами, является наиболее существенным фактором, определяющим выход продукта в результате реакций в твердой фазе. Химическое сродство реагирующих веществ в данном случае является необходимым условием. Из всего многообразия реакций в сложной системе аглошихты, рассмотрены реакции образования силикатов кальция, ферритов кальция, силикатов железа и железокальциевых оливинов. Из рассмотренных реакций, которые могут протекать в смеси шихтовых материалов, наиболее вероятной является реакция образования однокальциевого феррита и двухкальциевого силиката. Это объясняется наличием большого числа контактов между оксидами кальция и железа. Образование в твердой фазе железокальциевых оливинов и фаялита маловероятно. Принимая во внимание высокую скорость образования ферритов кальция в твердой фазе, при агломерации и обжиге окатышей возможно использовать предварительное совместное измельчение гематитсодержащих и известьсодержащих материалов. Ферритная смесь вводится в шихту в качестве отдельного компонента. Совместное измельчение привело к активации физико-химических процессов при нагреве опытной шихты. При спекании агломерата с активированной ферритной смесью ферритообразование происходит при более низких температурах и в более полном объеме. Таким образом, активация реакций в твердых фазах играет значительную роль в упрочнении готового агломерата и определяют развитие жидкофазного спекания, конечный минералогический состав агломерата и его металлургические свойства.

СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ

Кислородно-конвертерный процесс является основным способом массового производства конструкционных сталей и постоянно совершенствуется для повышения производительности и качества металла. Однако, описывающая его теория металлургических процессов, основанная на химической термодинамике и кинетике равновесных систем, не позволяет достаточно адекватно выполнить физико-химический анализ формирования плавильных и ковшевых шлаков, образования неметаллических включений при рафинировании железоуглеродистых расплавов и, следовательно, прогнозировать и оптимизировать эффективность технологий печной и ковшевой обработки стали. Кроме того, эта теория не рассматривает наноструктурные и химические аспекты образования и существования металлургических фаз в значительной степени определяющих уровень качества стали.

В настоящей работе современные проблемы теории металлургических шлаков исследованы на основе феноменологической теории строения металлургических фаз в жидком и твердом состоянии по модели гармонических структур вещества (теория МГС-фаз), к основным положениям которых, в частности, относятся следующие:

- металлургические системы относятся к открытым системам с обменом энергии (тепла) и вещества с окружающей атмосферой;
- технологические операции сталеварения являются стохастическими системами и описываются по вероятностным законам, позволяющим прогнозировать расходные коэффициенты присадочных материалов и степень рафинирования железоуглеродистых расплавов с помощью последовательного ряда структурно-химических реакций и уравнений материального баланса технологического процесса;
- металлургические шлаки в жидком состоянии являются ассоциатами определенного состава, существующие в заданном температурном интервале;
- наноструктурный анализ компонентов металлургических шлаков основан на существовании разноурядоченных разномерных элементов - струк-

турных ионно-молекулярных комплексов (СИМ-комплексов), представляющих собой трехмерные полиэдрические ячейки (ПДЯ), двухмерные полигональные ячейки (ПГЯ) и статистически разупорядоченные моно-нульмерные структуры (СРС);

- структурно-химическое состояние металлургических шлаков определяется на полигональных диаграммах состояний, построенных новым графо-аналитическим методом во всем интервале концентраций твердых и жидких исходных компонентов.

Для изучения структурно-химического состояния металлургических шлаков были построены полигональные диаграммы состояния (ПДС) тройной системы $\text{FeO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ и ее базовые двойные системы $\text{FeO} - \text{SiO}_2$, $\text{FeO} - \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, а также квазибинарные системы, определяющие физико-химические свойства тройных фаз: $\text{FeO} - \text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$, $\text{SiO}_2 - 2\text{FeOAl}_2\text{O}_3$ и $\text{Al}_2\text{O}_3 - 2\text{FeOSiO}_2$.

Структурно-химический анализ полигональных диаграмм состояния позволил на базе первичных данных о природе исходных компонентов изучить структурно-химические взаимодействия между ними и определить условия образования стабильных и метастабильных промежуточных фаз. На основе ПДС тройных систем была получена информация о химическом составе и химических реакциях образования тройных фаз. На дополнительно построенных квазибинарных диаграммах состояния были определены температуры образования и плавления, область гомогенности и термическая стабильность этих фаз, фазовые и химические превращения.

На основании анализа молекулярных и кристаллических структур промежуточных фаз были определены условия перехода их в активированные состояния и составлены структурно-химические реакции адсорбции примесных элементов, рассчитаны адсорбционная емкость к примесным элементам и изучен механизм рафинирования металлических расплавов.

Результаты проведенных исследований, подтвержденные опытно - промышленными экспериментами, дают возможность разрабатывать оптимальные составы шлаков с максимальной эвтектичностью и заданной степенью структурно-химического разупорядочения, что обеспечивает значительное (в 1,3 - 1,6 раз) повышение их адсорбционной емкости к вредным примесям и неметаллическим включениям.