ОТЗЫВ

дополнительного члена совета ДС.ТПУ.24 по защите диссертации Игнатовой Анны Михайловны «Физико-химические закономерности получения и применение литых стеклокристаллических материалов шпинелид-пироксенового состава из природного и техногенного сырья», представленную к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Актуальность темы диссертационной работы

Тема диссертационной работы Игнатовой А. М. актуальна в связи с востребованностью технологий по формообразованию изделий из стеклокристаллических материалов (СКМ), имеющих сложные объемные формы. Такие изделия перспективны для применения в современных отраслях промышленности: защита от абразивного и коррозионного износа конструкций, гидроциклонов, инженерных коммуникаций; производство камнелитых бронезащитых плит; материалов конструкций для защиты от рентгеновского и ИК-излучений; для создания маскировочных покрытий, строительных материалов и художественных изделий и др. Однако существующая теория и практика технологии литых СКМ и изделий ориентирована на конкретный вид сырья или назначение продукции. Соискатель справедливо указывает, что одним из факторов, сдерживающих развитие технологии и использование литых СКМ, является отсутствие обобщенных физико-химических закономерностей в оценке пригодности петрургического (каменнолитого) сырья, процессов фазо- и структурообразования при нагреве, плавлении, охлаждении, затвердевании и кристаллизации расплавов, формировании изделий в литейных формах и последующей термической обработке.

Поэтому установление физико-химических закономерностей последовательно протекающих неравновесных процессов на стадиях плавления природного и техногенного сырья, затвердевания и кристаллизации расплавов, разработка и реализация технологии получения и применение новой группы литых СКМ с заданными свойствами является актуальным, и эти вопросы соискатель диссертант комплексно изучила в диссертационной работе.

Анализ содержания диссертации и её завершенность

Диссертационная работа Игнатовой А.М. соответствует паспорту научной специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. Автор выполнила логично связанную, завершенную научно-квалификационную работу.

Поставленные цель и задачи диссертационной работы обоснованы, сформулированы корректно и раскрыты в диссертации в объеме, необходимом для объективного анализа.

Введение диссертации обосновывает постановку проблемы разработки и совершенствования технологий литых СКМ. Проанализировано современное состояние исследований по теме диссертации, показана связь диссертационной

работы с целевыми программами страны, Пермского края, предприятий и организаций.

Определены объекты исследований - природные и техногенные минеральные разновидности нерудного сырья Урала, включая базальтоидные и габброидные породы; отходы обогащения и переработки минерального сырья и металлургические шлаки предприятий Пермского края и Свердловской области, а также СКМ, полученные на их основе.

В качестве предмета исследования указаны физико-химические процессы получения оксидных силикатных расплавов, фазо- и структурообразование в расплавах при затвердевании и кристаллизации, зависимости свойств литых СКМ от их фазового состава и структуры.

Такая постановка проблемы позволила автору корректно сформулировать цель и задачи диссертационной работы, обосновать методологию и выбрать необходимые методы диссертационного исследования.

Содержательная часть диссертации состоит из шести глав, заключения, общих выводов и необходимых приложений.

Первая глава является аналитическим обзором современного состояния исследований физико-химических и технологических проблем получения литых СКМ. Кроме этого, рассмотрены аспекты экономичности, патентно-правовые показатели для литых СКМ, показан ряд их преимуществ перед аналогичными спеченными керамическими материалами. Сформулированы рекомендации к параметрам сырья для получения литых СКМ, критерии оценки сырья и перспективы пригодности сырья Уральского региона.

Рассмотрены физико-химические и технологические проблемы получения новой группы литых СКМ.

В результате такого всестороннего анализа автор выделила проблемы практики и теории по исследуемой теме, что обосновывает постановку цели и задач диссертационной работы.

Вторая глава раскрывает объекты, предмет, методики и методология исследований. Представлены краткая геолого-минералогическая характеристика природных и техногенных сырьевых материалов, использованных в исследовании, шихтовой и химический состав сырьевых композиций для получения опытных образцов литых СКМ шпинелид-пироксенового состава (ШПС); данные о параметрах образцов материалов, использованных для получения данных о свойствах материалов в рамках диссертационного исследования, а также характеристики вспомогательных материалов.

Отдельный раздел главы посвящен специальным и авторским методикам, использованным для определения вязкоупругих свойств материала, регистрации акустической эмиссии, возникающей при деформировании исследованных материалов, регистрации фрактоэмиссионных явлений, определения фракционного состав частиц размером менее 0,5 мм, определения статической и динамической (наносклерометрия) нанотвердости, определения механических свойств и параметров деформации и разрушения литых СКМ ШПС при статических и высокоскоростных ударно-волновых нагрузках, баллистических испытаний, определения стойкости к воздействию

кумулятивного заряда, определения способности поглощения электромагнитных излучений, определения способности расплава воспроизводить рельеф в литейных формах, долговечности литых СКМ.

В третьей главе изложены физико-химические закономерности реакций в минеральном сырье при дуговой плавке. Сформулированы физико-химические условия выбора и пригодности сырья для получения литых СКМ ШПС со сферолитной структурой.

В качестве сырья использовались габбродолерит, доменные шлаки, диопсид-пироксеновые отходы обогащения железных руд и силикатный бой литья и огнеупоров ряда предприятий Урала.

В данной главе показано, что устойчивое формирование мономинерального состава возможно при содержании основных оксидов (CaO+MgO) в количестве 38–50 % и SiO2 41–62 % и количестве добавок не более 15–20 %. В качестве добавок рассматриваются компоненты, которые будут обеспечивать формирование нужного вида пироксена (диопсид, геденбергит, авгит и др.).

Предложен алгоритм оценки показателей минерального и техногенного сырья Урала, который адекватно оценивает сырьевые материалы и обладает преимуществами перед известными методами, что указывает на его новизну.

В четвертой главе рассмотрены физико-химические закономерности фазообразования в расплавах ШПС. В разделах главы исследованы изменения вязкости расплавов из природного и техногенного сырья; ликвационная дифференциация жидкой фазы; изменения содержания оксидов в жидкой фазе в зависимости от степени переохлаждения расплава; физико-химические процессы, обеспечивающие зарождение и рост центров кристаллизации; реакции фазообразования в различных зонах плавильного пространства электродуговых печей.

Установлено. что состав фаз кристаллических составляющих литых СКМ ШПС определяется фугитивностью кислорода в миналах, присутствующих в расплаве, и типом обменных реакций с их участием. Процесс кристаллизации литых СКМ на основе рассмотренных составов начинается с образования шпинелидов, и параллельно, в расплаве протекают процессы образования малых количеств оливина и плагиоклаза.

Пятая глава отражает результаты исследований физико-химических закономерностей структурообразования литых СКМ ШПС. Рассмотрены морфометрические параметры структурных составляющих литых СКМ ШПС на основе природного и техногенного сырья; физические свойства (твердость, модуль упругости, коэффициент термического расширения, термостойкость, величина износа); механические свойства при статических и ударно-волновых нагрузках (предел прочности при сжатии и изгибе, деформация от нагрузки при сжатии и изгибе; ударная вязкость). Установлено, что литые СКМ ШПС обладают анизотропностью механических свойств.

Сопоставлены скорости роста трещин в результате ударного разрушения различных материалов; для литого СКМ эта скорость наибольшая по сравнению с бронестеклом, шпинельной керамикой.

Автором диссертации впервые были проведены испытания при ударе образцов литых СКМ ударником со скоростью 2800–3000 м/с.

Показано, что литые СКМ ШПС с добавкой хромовой руды имеют особенности реализации механизма деформации и разрушения материала под воздействием нагрузок с разной скоростью. Автор утверждает, что при статических нагрузках характер разрушения обусловливается движением дислокации, а при динамических диссипативных процессах приводит к структурным изменениям и фрагментации, вызванной структурными напряжениями, а не накоплением дислокаций.

Также в пятой главе исследована взаимосвязь структуры литых СКМ и функциональных свойств.

Получены зависимости, характеризующие скорость звука в исследуемом СКМ с добавкой хромовой руды от соотношения шпинелидов и стеклофазы; величину объема, подверженного фрагментации, от скорости звука в материале; представлены параметры изделий с разной степенью кристалличности для защиты транспорта от воздействия поражающим элементом.

В шестой главе описаны техника и технология получения литых СКМ ШПС и изделий из них. Изложены основные принципы организации технологического процесса; сформулированы рекомендации по технологическим режимам подготовки шихты, изготовлению литейных форм; плавления расплавов и термической обработки отливок; очистке, обработке отливок и складированию готовой продукции. Для механической обработки литых изделий предложен метод гидроабразивной резки. Представлены исследования автора, посвященные экспериментальным испытаниям материалов, ориентированным на поиск новых видов продукции: средств бронезащиты, бытовых и художественных изделий. Предложены конструкции контейнеров для транспортировки опасных и взрывчатых веществ.

Заключение по работе обобщает выводы глав диссертации. Предложены перспективы применения литого СКМ ШПС со сферолитной структурой, обеспечивающего заданный уровень эксплуатационных характеристик, даны практические рекомендации по дальнейшему развитию теории и практики данного направления.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Методически грамотный и комплексный подход к решению поставленной проблемы позволил автору достичь цели диссертационного исследования и решить поставленные задачи.

Положения, выносимые на защиту, выводы, формулировки научной новизны, теоретической и практической значимости всесторонне обоснованы и доказаны представленными экспериментальными и теоретическими результатами.

Среди новых научных результатов можно отметить установление факта того, что деформация и разрушение литых СКМ ШПС при статических нагрузках сопровождаются движением и накоплением дефектов внутри шпинелидов и пироксенов. При ударно-волновых нагрузках со скоростью от 200 до 3000 м/с процессы преобразования энергии удара в работу механического разрушения реализуются в ограниченном объеме материала в

месте удара, диссипирующая способность в этом объёме достигает 40–50 Дж/мм^3, что позволяет сравнивать литые стеклокристаллические материалы шпинелид-пироксенового состава с корундовой керамикой.

Достоверность результатов диссертационного исследования Игнатовой А.М. подтверждается корректным применением экспериментальных методик и методов моделирования, использованием необходимого набора поверенного оборудования и приборов, с учетом требований статистической обработки результатов.

Основные результаты работы доложены автором на многих профильных конференциях в России и за рубежом, опубликованы в научной печати, в т ом числе в статьях, индексируемых в Scopus, РИНЦ.

Соответствие содержания автореферата основным целям и выводам диссертации, оценка качества оформления автореферата

Автореферат диссертации А.М. Игнатовой соответствует содержанию, основным положениям и выводом диссертации. Автореферат качественно оформлен на уровне, позволяющем получить объективное представление о результатах всей диссертационной работы.

Оценка качества оформления диссертации

Диссертация Игнатовой А.М. оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р7.0.11–2011, изложена на высоком профессиональном уровне по содержанию и по иллюстративному представлению, ясно структурирована.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. На рис.5.35, в выводе 6 к главе 5, в выводе 12 по диссертации автор связывает механизмы деформации разрушения СКМ ШПС с движением дислокаций внутри сферолита. По какой методике определялись дислокации в исследуемых стеклокристаллических материалах?

2. В выводе 3 к главе 5, в выводе 8 по диссертации среди исследованных механических свойств СКМ ШПС приводятся значения ползучести 5,5%. Как экспериментально определялась ползучесть?

3. В таблице 1.1 сравнение свойств СКМ ШПС и спеченной керамики показывает, что плотность СКМ несколько выше, чем керамики. С керамикой какого состава проведено сравнение? Не является ли бо̀льшая плотность в СКМ ШПС недостатком для применения в бронезащитных целях (например, по сравнению с карбидом бора)?

4. В таблице 5.15 показано, что скорость роста трещин в СКМ ШПС наибольшая по сравнению с таковой в бронестекле и в шпинельной керамике. Имеется в виду алюмо-магниевая шпинель? Не является ли бо̀льшая скорость роста трещин в СКМ ШПС недостатком для применения в бронезащитных целях?

5. Возможно ли получение наноструктурированных СКМ методом каменного литья?

Заключение о соответствии диссертации требованиям положения о порядке присуждения ученой степени

Диссертационная работа Игнатовой А.М. на тему «Физико-химические закономерности получения и применение литых стеклокристаллических материалов шпинелид-пироксенового состава из природного и техногенного сырья» отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. Работа соответствует п.п. 8-12 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, утвержденного приказом ректора ТПУ 93/од от 06.12.2018 г. (dis.tpu.ru). Считаю, что ее автор, Игнатова Анна Михайловна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Дополнительный член совета ДС.ТПУ.24:

Директор Научно-образовательного инновационного центра
«Наноматериалы и нанотехнологии»
Инженерной школы новых производственных технологий
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»,
доктор технических наук, профессор

_____ Хасанов Олег Леонидович

Адрес 634050, г. Томск, проспект Ленина, д.30
раб. тел. +7 (3822)42-72-42
e-mail: khasanov@tpu.ru

Подпись Хасанова Олега Леонидовича удостоверяю:
Ученый секретарь Национального исследовательского
Томского политехнического университета

_____ Ананьева Ольга Афанасьевна