



УДК 666.76.061.3(430)

55-Й МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОЛЛОКВИУМ ПО ОГНЕУПОРАМ В ААХЕНЕ – ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИИ*¹

1. 55th International Colloquium on Refractories in Aachen // Refractories Worldforum. — 2013. — Vol. 5, № 1. — P. 57–66. Англ.
2. 55th International Colloquium on Refractories 2012 — Refractories for Metallurgy // September 19th and 20th, 2012. — EUROGRESS, Aachen, Germany. — 240 p.

**ДОКЛАДЫ СЕКЦИИ
«ИСПЫТАНИЯ»**

• *Olaf Krause* из Университета прикладных наук в г. Кобленце (*University of Applied Science Koblenz*), Германия, выступил с сообщением **«Огнеупорная промышленность получает материальный ущерб в результате применения неточных процедур испытаний для определения устойчивости огнеупорных материалов к СО»** (*«Refractory Industry Suffers Financial Damages trough Imprecise Test Procedures for the Determination of the CO-resistance of Refractory Materials»*). Идентифицирована природа углерода, который получен во время СО-испытания. Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения показала наряду с незначительным количеством микрокристаллического графита появление макромолекулы, подобной углеродистым структурам, известным как углеродистые нанотрубки. Оказалось, что, прежде всего, интенсивность газового потока в печи с СО играет важную роль для скорости выделения углерода. Кроме того, при анализе влияния водорода в атмосфере установлено, что он является ускорителем, потому что обладает способностью активировать катализатор. Как следствие этой работы, существующие ссылки на нормативные документы могут быть пересмотрены в направлении более узких определений для условий испытания. Поэтому необходимо выполнить круговые испытания (round robin tests).

• *Thorsten Tonnesen* из Рейнско-Вестфальского технического университета Аахена (*RWTH Aachen*), Германия, выступил с докладом **«Значение и использование динамических методов измерения теплопроводности огнеупорных изоля-**

ционных материалов» (*«Significance and Use of Dynamic Determination Methods for Thermal Conductivity Measurements of Refractory Insulation Materials»*). Низкие величины теплопроводности и температуропроводности требуются, когда необходимо свести к минимуму тепловые потери. Огнеупорные высокотемпературные изоляционные волокнистые материалы (high temperature insulation wools – HTIW), материалы из силиката кальция и теплоизоляционные огнеупорные изделия на основе силикатов применяются при высоких температурах, обеспечивая экономию энергии. Для описания важных термических свойств изоляционных материалов необходимо провести эксперименты по обжигу в интервале их классификационных температур с последующими измерениями усадки и упругости, чтобы оценить их влияние на теплопроводность. Исследования сфокусированы на использовании динамического метода горячей проволоки для определения эффективной теплопроводности изучаемых изоляционных материалов.

• *Johannes Kasper* из Университета прикладных наук в г. Кобленце (*University of Applied Science Koblenz*), Германия, выступил с сообщением на тему **«Удельная электропроводность огнеупорных бетонов в процессе затвердевания»** (*«The Electrical Conductivity of Refractory Castables during Setting»*). Работа предусматривает применение простой и недорогой установки для измерения электропроводности в процессе затвердевания и выдерживания огнеупорных бетонов. Кроме того, показано влияние содержания воды, содержания высокоглиноземистого цемента (САС) и температуры. При использовании имеющихся на рынке компонентов и программного обеспечения, разработанного в университете, смогли разработать экономически эффективное и надежное измерительное устройство.

*¹ Окончание. Начало см. в журнале «Новые огнеупоры» № 7 за 2013 г.

• *Jörn Werner* из Института керамики, стекла и конструкционных материалов Технического университета Горной академии Фрайберга (*Institute of Ceramic, Glass and Construction Materials, TU Bergakademie Freiberg*), Германия, представил работу «Измерение модуля упругости глиноземистых огнеупоров на углеродистой связке при повышенных температурах с помощью технологии импульсного возбуждения» («*Measurement of the Young's Modulus of Elasticity of Carbon-bonded Alumina at Elevated Temperatures with the Aid of the Impulse Excitation Technique*»). Знание упругих свойств материала при высоких температурах позволяет моделировать термический удар более эффективно или вносить вклад в понимание поведения материала. Исследованы данные о модуле упругости при высоких температурах глиноземистых огнеупоров на углеродистой связке с различным содержанием углерода, полученные с помощью технологии импульсного возбуждения. Измерения показали значительный рост модуля упругости при температуре до 1450 °С независимо от содержания углерода. Кроме того, во время охлаждения наблюдали четкий гистерезис.

• *Ana P. Luz* из Федерального университета г. Сан-Карлос, факультет материаловедения (*Federal University of Sao Carlos, Materials Engineering Department*), Бразилия, выступила с сообщением «Анализ повреждения под воздействием термоудара посредством оценки высокотемпературного модуля упругости» («*In situ Analysis of Thermal Shock Damage Cycling Via Hot Elastic Modulus Evaluation*»). Под воздействием термических циклов могут возникать и распространяться трещины, приводящие к снижению механической прочности огнеупоров. Оценены эксплуатационные характеристики огнеупорного бетона на основе муллита с помощью высокотемпературного модуля упругости, позволившие изучить процесс микрорастрескивания в результате изменения температуры. Кроме того, определены открытая пористость, высокотемпературный предел прочности при изгибе и проанализирован процесс эрозии для лучшего понимания термомеханических свойств опытного бетона. В соответствии с изменениями высокотемпературного модуля упругости в процессе нагрева – охлаждения можно определить, при каком температурном интервале в микроструктуре огнеупоров будет наблюдаться затвердевание или охрупчивание при открывании трещин.

• *Arup Kumar Samanta* из компании «*TRL Krosaki Refractories Ltd*», Индия, сделал доклад «Влияние температуры обжига на свойства низкоцементных бетонов

на основе андалузита» («*Effect of Firing Temperatures on the Properties of Andalusite Based Low Cement Castables*»). Низкоцементные бетоны с 70 % Al_2O_3 были разработаны на основе андалузита и плавленного корунда, имеющих максимальный размер зерен 5 мм. Влияние андалузита было изучено при его использовании как в качестве заполнителя, так и в виде тонкой фракции. В некоторых составах белый корунд был заменен на тонкомолотый андалузит для изучения влияния температуры обжига на процесс образования муллита.

ДОКЛАДЫ СЕКЦИИ «РАЗЛИВКА СТАЛИ»

• *Naohide Hamamoto* из компании «*Shinagawa Refractories*», Япония, представил доклад «Улучшение устойчивости плит шибберных затворов к повреждению поверхности» («*Improvement of Surface Damage Resistance of Slide Gate Plates*»). Плиты шибберных затворов изготавливаются из Al_2O_3 -C-материалов. Обезуглероживание материала вызывает повреждение поверхности в зоне дросселирования. Полагают, что подавление обезуглероживания путем уплотнения матрицы плит эффективно для повышения срока их службы.

• *Javier Pascual* из технологического центра компании *RHI AG*, Австрия, выступил с сообщением «Механизм износа плит шибберных затворов в процессе разлива сталей, обработанных Ca» («*Wear Mechanism in Slide Plates during Casting of Ca-treated Steels*»). Были представлены два варианта: универсальная шибберная плита на углеродистой связке и более специфический вариант с бадделеитовой вставкой, который используется исключительно в экстремально агрессивных условиях. Механизм износа заключается преимущественно в химическом воздействии, которое разрушает микроструктуру и снижает огнеупорность материала, после чего следует механическая эрозия стали, разливаемой через плиты шибберных затворов.

• Тема доклада *Susann Ludwig* из Технического университета Горной академии Фрайберга (*TU Bergakademie Freiberg*), Германия, — «Влияние графита и нанодобавок на пористую структуру и свойства самоглазирующихся Al_2O_3 -C-огнеупоров» («*Influence of Graphite and Nanoadditives on the Porous Structure and the Properties of Self-glazing Al_2O_3 -C Refractories*»). Недавно разработанные самоглазирующиеся Al_2O_3 -C-огнеупоры представляют потенциальное альтернативное инновационное решение для таких компонентов, как стопоры-моноблоки или погружаемые стаканы для непрерывной разлива стали.

Были проведены исследования, касающиеся влияния содержания графита и нанодобавок на пористую структуру и свойства самоглазующихся образцов Al_2O_3 -C-огнеупоров.

• *Raghunath Prasad Rana* из компании «*TRL Krosaki Refractories*», Индия, рассмотрел тему «**Изучение свойств и эксплуатационных характеристик сухих вибрационных масс (DVM) для футеровки промежуточных ковшей**» («*Study on the Properties and Performance of Dry Vibrating Mass (DVM) for the Tundish Lining*»). В исследовании изучено влияние гранулометрического состава сухих вибрационных масс DVM на их свойства и эксплуатационные характеристики в процессе службы. Оценены способность к отверждению, прочность после затвердевания, спекаемость DVM. Теплопроводность измеряли в момент проведения работ и после выдерживания сухих масс для определения тепловых потерь.

• *Dietmar Gruber* из Горно-металлургического университета Леобена (*Montanuniversität Leoben*), Австрия, выступил с сообщением «**Моделирование формования — воздействующие факторы и результаты для стаканов-коллекторов**» («*Simulation of Moulding — Influencing Factors and Results for Collector Nozzles*»). Процесс формования стаканов-коллекторов был смоделирован с помощью коммерческого конечно-элементного комплекса ABAQUS (FE-package ABAQUS). Это позволило количественно оценивать воздействующие факторы, особенно на распределение напряжений после формования. Для моделирования характеристик материала использовали модель Друкера — Прагера*².

ДОКЛАДЫ СЕКЦИИ «ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

• *Daniel Cölle* из компании «*EKW GmbH*», Германия, выступил с докладом «**Применение совершенно новых экологически чистых алюмосиликатных функциональных элементов в SiC-C-огнеупорах в футеровке агрегатов для металлургической обработки в литейной промышленности**» («*Application of Completely New, Environmentally Friendly Alumosilicate Function-units in SiC-C Containing Refractories for the Lining of Metallurgical Treatment Environments of the Foundry Industry*»). Различные фракции, полученные из алюмосиликатов песка для обмазывания

(*luting sand*) или связывающего глиносодержащего песка, увеличивают устойчивость материала к окислению путем формирования барьерных слоев в углеродистой матрице. Применение различных вариантов недавно разработанного углеродистого композитного материала открывает «возможности перемещения» («*transfer possibilities*»), позволяющие соединить природный, длительное время находящийся на рынке сырьевой материал (глиносодержащий песок) с хорошо известными огнеупорами системы глинозем — карбид кремния — углерод, например в желобах доменных печей или вагранок. Такое соединение оценивается с экономической и экологической точки зрения.

• *Владимир Бардин* из компании «*Calderys*», Германия, выступил с докладом «**Повышенная безопасность применения высокоэффективных не выделяющих водород бетонов, содержащих глинозем, карбид кремния и углерод, в литейном производстве**» («*Increased Site Safety with High Performance Non-hydrogen Releasing Alumina, Silicon Carbide and Carbon Containing Castables for Foundry Application*»). Использование QD NCC-связки обеспечивает для неформованных огнеупоров, содержащих глинозем, карбид кремния и углерод, дополнительные технические и пользовательские преимущества: футеровка высушивается так же быстро, как и в случае применения огнеупоров на стандартной цементной связке. При этом подавляются производственные риски, связанные с эмиссией горючего водорода.

• Тема сообщения *Ralf Simmat* из Группы исследований огнеупоров (*Forschungsgemeinschaft Feuerfest*), Германия, — «**Комбинированное испытание коррозии-эрозии огнеупоров для печей плавки алюминия**» («*Combined Corrosion-erosion Testing of Refractories for Aluminium Melting Furnaces*»). Были представлены новые процедуры испытаний огнеупоров, которые включают взаимодействие различных процессов износа, чтобы смоделировать сложные условия износа в промышленных условиях, используя более точный метод в лабораторных условиях. Разработанные методики испытаний позволяют исследовать взаимодействие между коррозионным и механическим видами износа при различных температурах.

• *Obszynska Lucyna* из компании «*ArcelorMittal Refractories*», Польша, представила доклад «**Коррозия периклазохромитовых огнеупорных материалов в медеплавильных конвертерах**» («*Corrosion of Magnesia-chrome Refractory Materials in*

*² Вязкопластическая модель позволяет задавать прочностные свойства материала при растяжении-сжатии, кривую упрочнения, закон ползучести материала.

Copper Converters»). Установлено, что текстура огнеупора уплотняется даже в неизменной (неповрежденной) зоне вследствие перемещения сульфата магния через систему пор. Были определены обязательные параметры периклазохромитовых материалов, предназначенных для медеплавильных конвертеров, и выработаны направления дальнейшего повышения качества огнеупоров.

• *Li Xiangcheng* из компании «*ZHU Boquan*», Китай, выступил с сообщением «**Механизм устойчивости MgO–C-огнеупоров к шлаку, обогащенному Fe_xO , в электромагнитном поле**» («*Fe_xO-rich Slag Resistance Mechanism of MgO–C Refractories in the Electromagnetic Field*»). Электромагнитное поле может активировать реакцию между ионами Fe/Mn в шлаке и MgO–C-огнеупорами с образованием $MgFe_2O_4$ -шпинели с добавкой Mn. Для дальнейшего изучения морфологии и характеристик такой шпинели провели эксперименты в индукционной печи средней частоты и в печи сопротивления.

ДОКЛАДЫ СЕКЦИИ «ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ»

• *Benjamin Schickle* из Рейнско-Вестфальского технического университета Аахена (*RWTH Aachen*), Германия, выступил с докладом «**Методы получения силиката кальция и микроструктурные и высокотемпературные характеристики**» («*Calcium Silicate Production Methods and Affecting Microstructural and High Temperature Properties*»). Различные изделия были исследованы с точки зрения изменений свойств в конечном продукте в зависимости от технологии процесса. Множество поровых структур сформировалось в продуктах с одинаковой кажущейся плотностью в результате применения разных методов формования. Поровая структура определяет в значительной степени теплоизоляционные свойства, которые чрезвычайно важны для легковесных конструкционных материалов.

• *A. Praveen Kumar* из компании «*Padmaja Inc.*», Индия, рассмотрел тему «**Разработка и анализ следующего поколения изоляционных бетонов средней плотности для эффективной работы горячего циклона в CFBC-бойлере**» («*Development and Analysis of the Next Generation Medium Density Insulation Castables for Efficient Operation of the Hot Cyclone CFBC Boiler*»). Представлены результаты практического применения изоляционных огнеупоров указанного типа в бойлере (котле) со сжиганием топлива в циркулирующем кипящем слое (*circulating fluidized bed combustion boiler* — CFBC), что

может эффективно повысить выходную мощность бойлера.

• *Raghunath Prasad Rana* из компании «*TRL Krosaki Refractories*», Индия, выступил с сообщением на тему «**Утилизация твердых отходов: использование угольной топочной золы в качестве сырья для производства изоляционных бетонов**» («*Solid Waste Utilization: Use of Coal Bottom Ash as Raw Material for Insulating Castable*»). Анализ размеров, формы и физико-химических свойств частиц угольной топочной золы (*coal bottom ash*) позволил сделать вывод о пригодности этой золы в качестве альтернативного сырья для производства изоляционных бетонов. Угольную золу смешивали с соответствующим количеством цементирующего материала и определяли физические свойства бетонов.

• *N. Traon* из Рейнско-Вестфальского технического университета Аахена (*RWTH Aachen*), Германия, выступил с докладом «**Влияние упругих и демпфирующих свойств на пористость и поровую структуру высокоглиноземистых бетонов**» («*Dependence of Elastic Properties and Damping Properties on Porosity and Pore Structure in High Alumina Castable*»). Представлен новый подход к изменению модуля упругости и демпфирования (затухания, ослабления) в пористом огнеупорном бетоне. Исследовано влияние пористости и формы пор, а также распределения пор по размерам на демпфирующее свойство модифицированных высокоглиноземистых бетонов. Работа сфокусирована на изменении демпфирования с ростом пористости в высокопористых огнеупорных бетонах.

• Тема доклада *Dagmar Schmidtmeier* из компании «*Almatis*», Германия, — «**Разработка материала для новой концепции изоляционной футеровки**» («*Material Design for New Insulating Lining Concepts*»). Комбинация плотного и легковесного гексаалюмината кальция CA_6 позволяет разрабатывать специальные решения по заказу, которые принимают во внимание плотность, прочность и теплоизоляционные свойства без изменения химико-минерального состава огнеупора и предлагают новые варианты изоляционных бетонов.

ДОКЛАДЫ СЕКЦИИ «МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА»

• *Hugues Lemaistre* из компании «*Calderys*», Франция, представил сообщение «**Интерес к закону, интегрирующему пластичность в термомеханическое моделирование сборных литых деталей**»

для нагревательных печей» («*Interest of Law Integrating Plasticity in the Thermo-mechanical Simulation of Precast Pieces for Reheat Furnace*»). Выполнено термомеханическое моделирование для оптимизации формы сборных литых деталей, используемых в своде нагревательной печи. Анализ проведен с помощью универсальной программной системы конечно-элементного анализа Ansys. Критический параметр в технологическом процессе изготовления литых деталей — оптимизация зазора, существующего между плотным бетоном и керамическим анкером, для устранения существенных термомеханических напряжений между двумя этими составляющими.

• С докладом на тему «**Моделирование ползучести керамических материалов с помощью модели Друкера – Прагера при техническом проектировании**» («*Mechanical Engineering Creep Simulation on Ceramic Materials with the Drucker-Prager-Model*») выступил Olivier Valentin из компании «Augosk», Франция. Явление асимметричной ползучести обычно не рассматривается в области технического проектирования, поскольку его сложно смоделировать и охарактеризовать. Представлено использование модели Друкера – Прагера (Drucker-Prager-Model), соединенной с изменяющейся по степенному закону моделью ползучести (power-law creep model), с учетом асимметричной установившейся стадии ползучести (steady-state creep).

• E. Skiera из Исследовательского центра Юлих (Forschungszentrum Jülich), Германия, выступил с сообщением «**Термомеханические характеристики новых огнеупорных материалов**» («*Thermomechanical Characterisation of Novel Refractory Materials*»). Эксперименты по контролируемому распространению трещин в Исследовательском центре Юлих проводили на основе испытания на раскалывание клином (wedge splitting test — WST). Процедура анализа осуществлялась с помощью компактных испытаний на растяжение (compact tension tests). Распространение трещин отслеживалось на месте посредством оптической и электронной микроскопии. Недавно разработанные инструменты корреляции изображений позволили визуализировать на месте траекторию трещины и механизмы «экранирования трещин» (crack shielding).

• Rainer Telle из Рейнско-Вестфальского технического университета Аахена (RWTH Aachen), Германия, выступил с докладом «**Роль усов в усилении огнеупоров**» («*The Role of Whiskers for the Reinforcement of Refractories*»). Начиная примерно с 2005 г. усы,

или нановолокна, изучаются с точки зрения усиления огнеупоров. Производство обычно осуществляется за счет реакции, в которой углеродсодержащая связка в MgO–C- или Al₂O₃–C-изделиях или цементы взаимодействуют с Si и/или Al или некоторыми соединениями, в результате чего эти элементы в восстановительной среде высвобождаются в виде паровой фазы и генерируются отдельные игольчатые кристаллы SiC, Al₄C₃, Al₂O₃ или SiC/SiOC. Простая аргументация, основанная на кинетике роста и механике разрушения, так же как и тщательная оценка микроснимков огнеупоров, усиленных усами, показывает, что классический подход упрочнения волокном путем перераспределения нагрузки, вытягивания и изгиба волокна не может объяснить улучшение механических свойств в этих гетерогенных материалах. Во время демонтажа имеется риск высвобождения волокна из огнеупорных изделий или масс, содержащих усы, что противоречит очень строгим международным правилам обращения с канцерогенными веществами. В связи с этим для заключительного хранения следует выбирать хранилище для отходов высокой опасности.

• Xiao-Yong Xiong из компании «Damrec», Франция, выступил с докладом «**Применение реактивного андалузита в корундовых огнеупорных изделиях**» («*Reactive Andalusite Applied to Corundum Brick*»). Работа выполнена двумя компаниями — «Damrec» и «Shandong Refractories», Китай. Французский производитель огнеупорного сырья — компания «Damrec» имеет годовую производительность 300 тыс. т андалузита (6 рудников во Франции, Южной Африке и Китае), что составляет около 80 % мирового производства. Компания «Shandong Refractories, Ltd» входит в состав «China Shandong Iron & Steel Group». В последние годы компания «Damrec» разработала новый продукт — реактивный андалузит для огнеупоров и керамики. Реактивный андалузит создает в огнеупорной и керамической матрицах начиная со средней температуры (~1000 °C) керамическую связку муллитового типа. Муллитовая матрица обладает лучшей термической стабильностью, включая высокую термостойкость и низкую ползучесть. Введение добавки реактивного андалузита в высокоогнеупорный корундовый кирпич улучшает его термомеханические свойства: прочность при сжатии на холоду, высокотемпературную прочность при изгибе, термическую стабильность (дополнительное изменение линейных размеров при 1550 °C слегка положительное) и термостойкость.

ДОКЛАДЫ СЕКЦИИ «ОСНОВНЫЕ ОГНЕУПОРЫ»

• Тема доклада *Jacques Poirier* из Орлеанского университета (*University of Orleans*), Франция, — «**Использование отслуживших корундографитовых огнеупоров в качестве сырья для производства алюмографитокремниевых изделий**» («*Recycling of Alumina Graphite Refractories as Raw Material for Alumina Graphite SiC Bricks*»). Использование отслужившего корундографитового огнеупорного материала сдерживается необходимостью разрабатывать высококачественные Al_2O_3 -C-SiC-изделия в соответствии со строгими техническими требованиями. Поэтому доля отслуживших сырьевых материалов не должна превышать 30 мас. %.

• *Jianke Ye* из Шеффилдского университета (*University of Sheffield*), Великобритания, выступил с сообщением «**Подготовка расплавленной соли для чешуек графита с покрытием из оксида алюминия, предназначенных для огнеупорных бетонов**» («*Molten Salt Preparation of Alumina-coated Graphite Flake for Castable Application*»). Низкие смачиваемость водой и способность диспергироваться, характерные для графита, препятствуют разработке и применению углеродсодержащих бетонов. В качестве попытки отреагировать на эту проблему разработана низкотемпературная технология изготовления расплавленной соли для получения Al_2O_3 -покрытия на поверхности графитовых чешуек. Порошки алюминия вместо дорогостоящего органического Al-содержащего материала были использованы как источник оксида алюминия. После совместного обжига графита и Al в расплавленной соли KCl при 900 °C образуется покрытие из Al_4C_3 . Карбид алюминия через контролируемую гидратацию превращается в $Al(OH)_3$, а затем в процессе обжига при 550 °C — в однородное и не имеющее трещин γ - Al_2O_3 -покрытие. В результате применения последнего на поверхности графитовых чешуек значительно повышается устойчивость графита к окислению. Кроме того, вследствие нанесения покрытия улучшаются смачиваемость графита водой и его способность к диспергированию.

• *Carlos Pagliosa* из компании «*Magnesita*», Бразилия, выступил с докладом «**Улучшенная эффективность углерода при использовании технологии нанографитовых огнеупорных изделий**» («*Improving Carbon Efficiency with Nanographite Brick Technology*»). Огнеупорные изделия со сверхнизким содержанием углерода — это изделия с пониженной теплопроводностью, которые можно изготовить путем замены природного

графита нанографитом. Специальный нанографит имеет устойчивость к окислению на 50 % выше, чем природный чешуйчатый графит. В работе представлены периклазоалюмоуглеродистые (*magnesia-alumina-carbon* — MAC) огнеупорные изделия с нанографитом, отличающиеся резко сниженным (с 5 до 1 мас. %) содержанием графита. Для гомогенизации состава был необходим высокопроизводительный миксер. Испытания MAC-изделий с нанографитом в сталеразливочных ковшах показали повышенную эффективность углерода в экологически чистых огнеупорах.

• *Jozef Wojsa* из Института керамики и строительных материалов (*Institute of Ceramics and Building Materials*), Польша, представил доклад «**Снижение содержания соединений хрома (VI) в ломе периклазохромитовых огнеупоров**» («*Reduction of Chromium (VI) Compounds in Magnesiochrome Scrap*»). Изучено влияние продолжительности извлечения, степени насыщения (*saturation ratio*) и состава восстановительного раствора на извлечение ионов хрома, магния и железа. Было установлено, что соотношение между раствором и периклазохромитовым материалом существенно влияет на эффективность процесса. В зависимости от режима технологического процесса достигнутая эффективность восстановления колеблется в пределах от 50 до 90 % и выше.

• *Malgorzata Niesyt* из Университета науки и технологии AGH в Кракове (*AGH University of Science and Technology*), Польша, рассмотрела тему «**Характеристики некоторых польских доломитов и их гидратационная стойкость после спекания**» («*Characteristics of some Polish Dolostones and Their Hydration Resistance after Sintering*»). Польские доломиты — это сырье главным образом среднего и низкого качества, и их разведанные месторождения не полностью однородны. Для производства огнеупоров на основе доломита, использующего одностадийный метод, наиболее пригодны анкеритовые доломиты, содержащие повышенное количество Fe_2O_3 . Это соединение облегчает спекание, но, с другой стороны, ухудшает огнеупорные свойства конечной продукции. Поэтому в случае не полностью однородного доломитового материала рекомендуется двухстадийный метод его обработки. Этот метод основан на обезуглероживании доломитов при 1000 °C, формовании и спекании обезуглероженного материала при возможно высокой температуре. Традиционные источники сырья для производства доломитовых огнеупоров содержат, прежде всего, месторождения Силезско-Краковского региона.

• *S. Mukhopadhyay* из компании «Tata Refractories», Индия, выступил с сообщением «**Математическое моделирование термического расширения огнеупоров $Al_2O_3-MgO-C$ (АМС) при повышенных температурах**» («*Mathematical Modeling of Thermal Expansion of $Al_2O_3-MgO-C$ (AMC) Refractory at Elevated Temperature*»). Огнеупоры на связке из синтетической смолы системы $Al_2O_3-MgO-C$ (АМС) показывают расширение при нагреве в процессе службы в сталеразливочных ковшах. На практике принято значения дополнительного изменения линейных размеров (PLCR — Permanent Linear Change after Reheating) АМС-огнеупоров рассматривать как непрямо измерение термического расширения. Для установления математического соотношения для оценки значений PLCR огнеупоров системы АМС использовали статистический метод.

ЭКСПЕРТНАЯ ГРУППА: СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Экспертная дискуссия под председательством *Mike O'Driscoll*, директора по глобальному развитию исследований из компании (журнала) «Industrial Minerals», Великобритания, началась с обзора состояния рынка участниками дискуссии:

«**Текущая ситуация с огнеупорами и огнеупорным сырьем для производства стали в Европе**» («*Current Situation of Refractories and their Raw Materials for Steel Production in Europe*»), *Jens Pischke*, председатель рабочей огнеупорной группы Общества немецких металлургов (VDEh Working Group Refractories), Германия (см. «Refractories WorldForum». — 2012. — Vol. 4, № 4. — P. 27–34);

«**Рынки хромита — взгляд вне феррохрома**» («*Chromite Markets — a Look Beyond Ferrochrome*»), *Gerhard Pariser* и *Heinz H. Pariser*, компания «Alloy Metals & Steel Market Research», Германия;

«**Производство андалузита: допустимые изменения**» («*Andalusite Production: Embracing Change*»), *Piet Kolbe*, компания «Andalusite Resources», ЮАР (см. «Refractories WorldForum». — 2012. — Vol. 4, № 1. — P. 19–21);

«**Природный графит: риски поставок огнеупорных марок**» («*Natural Graphite: Risks to Refractory Grade Supply*»), *Simon Moores*, управляющий «Industrial Minerals Data», Великобритания;

«**Периклаз: все изменения в мире**» («*Magnesia: All Change in World Order*»), *Mike O'Driscoll*, директор по глобальному развитию исследований из компании (журнала) «Industrial Minerals», Великобритания;

«**Поставки и потребление высокоглиноземистого сырья для огнеупоров**» («*Supply and Demand of High Alumina Raw Materials for Refractories*»), *Andreas Buhr*, технический директор по огнеупорам из компании «Almatis», Германия, и *Oliver Koege*, генеральный директор из совместного предприятия «Europe Commerce Refractory», Люксембург.

Докладчики провели SWOT-анализ^{*3} ситуации на рынке с обсуждаемыми специфическими материалами. *Mike O'Driscoll* выделил в последующей дискуссии критические точки, которые важны для потребителей огнеупоров, участвующих в работе коллоквиума. Понимание ситуации с сырьем важно для потребителей огнеупоров, чтобы они смогли подключаться к проектам, связанным с эффективным подходом к ситуации с сырьем.

Заявления экспертов по сырью были дополнены выступлением специалиста из компании «Yasheya», Китай, «**Проблемы и решения в поставке на рынок огнеупорного минерального сырья**» («*Challenge and Solutions in Bringing Refractory Minerals to Market*»).

Планы проводить каждые два года эту специальную секцию в Аахене — важная мера отслеживания этой «чувствительной» темы (sensitive topic). Усилия, предпринятые *Mike O'Driscoll* и его коллегами по организации экспертной группы, были высоко оценены аудиторией.

56-й Международный коллоквиум по огнеупорам «Огнеупоры для промышленности» будет проведен в Аахене с 25 по 26 сентября 2013 г. ■

*3 SWOT-анализ — метод стратегического планирования, используемый для оценки факторов и явлений, влияющих на проект или предприятие. Все факторы делятся на 4 категории: strengths (сильные стороны), weaknesses (слабые стороны), opportunities (возможности) и threats (угрозы). Метод включает определение цели проекта и выявление внутренних и внешних факторов, способствующих ее достижению или осложняющих его.

Получено 04.02.13

© **И. Г. Очагова**
(ОАО «Черметинформация»),
2013 г.