



УДК 666.76.061.3(430)

55-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОЛЛОКВИУМ ПО ОГНЕУПОРАМ В ААХЕНЕ — ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИИ

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.

«Огнеупоры для металлургии» — под таким названием прошел 55-й Международный коллоквиум по огнеупорам 19—20 сентября 2012 г. в Аахене, Германия. Три пленарных и 49 технических заседаний, 530 участников из 38 стран мира, 25 выставочных стендов и презентация премии Густава Айриха (Gustav Eirich) трем молодым ученым — основные составляющие прошедшего мероприятия.

Особое внимание было направлено на возможность представить технологические разработки и их применение в огнеупорных технологиях. Технические семинары в Аахене были посвящены следующим темам: производство чугуна, неформованные материалы, производство стали, испытания, разливка стали и литейное производство. Специальный семинар по сырьевым материалам был проведен в рамках партнерства с журналом «Industrial Minerals» с последующей панельной дискуссией (групповым обсуждением) под руководством Mike O'Driscoll (журнал «Industrial Minerals», Великобритания).

Впервые восемь компаний («Almatis», «Eirich», «Chem. Fabrik Budenheim», «Nabaltec», «Purmetall», «REFKO», «Velco» (все из Германии) и RHI, Австрия) участвовали в новой промышленной сессии, чтобы обсудить свою стратегию на рынке.

ОТКРЫТИЕ КОЛЛОКВИУМА

Проф. д-р Peter Quirnbach, директор-распорядитель Регистрационного форума европейских коммерческих компаний (ECRF — European Commerce Register's Forum), во вступительной речи выдвинул на первый план важность эффективного использования ресурсов и энергии. Европейская федерация производителей огнеупоров (PRE — Federation Europeenne des Fabricants de Produits Refractaires) пытается

внести свое понимание эффективности в европейский стратегический план, который будет регулировать взаимодействие с Европейской комиссией (European Commission — EC) и Европейским парламентом. PRE совместно с некоторыми другими ассоциациями (связанными с производством стали, химикатов, цемента, стекла, минералов и т. д.) является партнером в программе Евросоюза «Устойчивая обрабатывающая промышленность посредством эффективного использования ресурсов и энергии» (SPIRE — Sustainable Process Industry through Resource and Energy Efficiency) для обеспечения будущей конкурентоспособности.

Тема второй части выступления докладчика — наращивание знаний в области огнеупоров и укрепление научного сообщества в рамках 45 компаний — членов VDFFI (Ассоциации огнеупорной промышленности Германии). Сеть диалоговой связи современной промышленной ассоциации, проведение научным сообществом исследований на современном уровне, консультационные услуги и испытания, а также согласованная концепция по всем темам, касающимся профессионального обучения, включая специальное обучение по огнеупорной тематике (коммерческое и академическое), а также курсы повышения квалификации — это прочный фундамент для достижения цели. При новом расположении Европейского огнеупорного центра ECREF (European Centre for Refractories) в Хёр-Гренцхаузене (Höhr-Grenzhausen), Германия, все эти виды деятельности будут развиваться и дальше совместно с производителями и потребителями огнеупорной продукции.

Далее докладчик приветствовал участников коллоквиума от имени соорганизаторов встречи: Thomas Seger (VDFFI); д-ра Robin Schmidt-Whitley (PRE); проф. д-ра Rainer Telle (Рейнско-Вестфальский технический университет

Аахена — RWTH Aachen); проф. д-ра Christos G. Aneziris (Технический университет Горной академии Фрайберга — TU Freiberg); д-ра Reinhard Fahndrich (Институт стали — Stahlinstitut VDEh); Pascal Steinküller [Федеральный союз германской литейной промышленности (BDG — Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie)] и Gangolf Stegh [Германское общество огнеупоров и строительства дымовых труб (DGFS — Deutsche Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V.)].

Две пленарные лекции были представлены д-ром Volker Steinbach (Геоцентр Ганновера — Geozentrum Hannover, Германия) на тему «Существующее положение с сырьевыми материалами в Германии и миссия DERA*¹» («The Actual Situation of Raw Materials in Germany and the Mission of the DERA») и д-ром Ralf Bruckhaus (компания «Dillinger Hüttenwerke», Германия, на тему «Тенденции развития металлургии» («Trends in Metallurgy»).

ПРЕМИЯ ГУСТАВА АЙРИХА (GUSTAV EIRICH AWARD) 2012

Премия Густава Айриха была представлена на открытии коллоквиума в четвертый раз. Д-р Christoph Heunen, технический директор компании «Maschinenfabrik Gustav Eirich», Германия, наградила трех молодых исследователей нового поколения в области огнеупоров. Победителями 2012 г. названы следующие участники:

1 премия: Patrick Gehre, Технический университет Горной академии Фрайберга; Институт керамики, стекла и конструкционных материалов (Institute of Ceramics, Glass and Construction Materials TU Bergakademie Freiberg, Германия) за работу «**Возможные составы огнеупорных бетонов без оксида хрома для использования в газогенераторах с жидким шлакоудалением**» («Possible Design of Chrome-oxide-free Refractory Castables for Use in Slagging Gasifiers»).

2 премия: Tiago M. Souza, Федеральный университет Сан-Карлос (Federal University of Sao Carlos), Бразилия, за работу «**Новые технологии, преодолевающие гидратацию периклаза в бесцементных глиноземистых бетонах**» («Novel Technological Route to Overcome the Challenging Magnesia Hydration of Cement-free Alumina Castables»).

3 премия: Bai Cui, Центр современной конструкционной керамики на факультете материаловедения Королевского колледжа Лондона (Centre for Advanced Structural Ceramics

*¹ DERA — German Mineral Resources Agency — Агентство Германии по минеральным ресурсам.

Department of Materials Imperial College London) за работу «**Высокотемпературное окисление МАХ-фазы керамики**» («High-temperature Oxidation Behaviour of MAX Phase Ceramics»).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАСЕДАНИЯ (СЕССИИ, СЕКЦИИ)

Доклады секции «Чугун»

• Компанией «Ternium Siderar», Аргентина, и Аргентинским институтом металлургии (Instituto Argentino de Siderurgia), Аргентина, представлен совместный проект «**Механизмы износа глиноземистых бетонов, используемых для горячего ремонта леток доменных печей**» («Wear Mechanisms of Aluminous Castable Used in Hot Repairs of a Blast Furnace Tabhole Area»). В летках доменных печей фирмы «Ternium Siderar» применяют два типа неформованных огнеупоров. Низкоцементный $Al_2O_3-SiC-C$ -бетон используют в качестве защитной литой футеровки и заменяют каждые 6 мес. Как материал для горячих ремонтов он используется в виде торкрет-смесей. Хотя показатели торкрет-огнеупоров не так высоки, как у других неформованных огнеупоров, их укладка проходит быстро и их применение приводит к снижению простоев. Цель данной работы состояла в анализе механизма износа двух видов высокоглиноземистых торкрет-смесей при проведении двух методик испытания на коррозию (тигельное испытание и метод погружения). Химическая коррозия обеих смесей оказалась одинаковой, но один образец имел лучшие механические характеристики, а другой показал лучшие результаты при испытании погружением.

• Pei-Ling Chang из компании «Sunward Refractories», Тайвань, представил исследование на тему «**Влияние добавок на свойства $Al_2O_3-SiC-C$ -материалов для желобов доменных печей**» («Effect of Additives on the Properties of $Al_2O_3-SiC-C$ Blast Furnace Runner Materials»). Различные добавки вводили в состав $Al_2O_3-SiC-C$ для главных желобов (бетонов) и шлаковых желобов (набивных смесей) доменных печей для улучшения удобоукладываемости, физических свойств и повышения срока службы. Проанализированы высокотемпературные физические свойства и результаты испытаний на шлакоустойчивость вращением образцов; микроструктуру исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии SEM. Результаты показали, что механическая прочность повысилась, а откры-

тая пористость снизилась на 7,5 % при введении соответствующего количества добавок. Коррозионная стойкость была существенно улучшена, и может быть достигнута более высокая стойкость футеровки главных желобов.

• *Patrick Tassot* из компании «*Calderys*», Франция, выступил с докладом «**Высокая эксплуатационная готовность и ремонт кислородных конвертеров**» («*High Availability and Repair Solutions for the BOF*»). Он пришел к выводу, что ключ к оптимизации эксплуатационных характеристик футеровки конвертеров BOF находится в руках металлургов, которые, в частности, оптимизируют состав шлака, минимизируют число передувов и ритмичность (последовательность) выплавки стали. Ключевыми вопросами для оптимизации производства автор доклада считает профилактическое обслуживание торкретированием для уменьшения износа кирпичной кладки или локальный ремонт «бойной» зоны с минимизацией длительности простоя конвертера на ремонт. Применение инновационного саморастекающегося бетона основного состава позволяет эксплуатировать «бойную» зону в течение 60 плавов при потреблении нескольких тонн ремонтного материала за один цикл.

• Два доклада были представлены специалистами Федерального университета, г. Сан-Карлос (*Universidade Federal de Sao Carlos — UFSCAR*), Бразилия: *R. Freire* — «**Кирпичная футеровка ковшей торпедо — прогнозирование срока службы методом конечных элементов FEM**» («*Torpedo Ladles Bricks — Lining Life Prediction by FEM*») и *A. Maiti* — «**Термомеханические характеристики огнеупорных изделий для ковшей торпедо**» («*Thermomechanical Behaviour of Torpedo Ladles Bricks*»).

Доклады секции «Неформованные огнеупоры»

• *Bjorn Myhre* из компании «*Elkem Silicon Materials*», Норвегия, выступил с сообщением на тему «**Бетоны на связке из геля микрокремнезема с различными видами цемента — характеристики схватывания и механические свойства**» («*Microsilica-gel Bonded Castables — Setting Characteristics and Mechanical Properties with Different Cements*»). Бесцементные бетоны на связке из геля микрокремнезема показывают весьма привлекательные свойства, такие как хорошая текучесть при очень низкой добавке воды и способность выдерживать экстремальный нагрев после сушки. Хотя прочность сырца большинства низкоцементных бетонов невысо-

ка, она достаточна для обработки (укладки). После сушки при 110 °С прочность бетона существенно возрастает. После разливки саморастекающихся бетонов на основе белого плавленного корунда с добавкой воды всего 3,5 % с использованием в качестве диспергатора SioxX определяли предел прочности при изгибе (MOR) бетонных образцов на холоду и при температуре до 1500 °С. Срок схватывания бетона может быть также ускорен путем применения SioxX-Quick, что облегчает контроль процесса схватывания. Далее было показано, что имеется существенное различие между испытанными цементами: 84 % СА-цемент обеспечивает лучшую высокотемпературную прочность, в то время как 70 % СА-цемент дает более быстрое схватывание.

• *Jonas Schnieder* из Рейнско-Вестфальского технического университета Аахена (*RWTH Aachen*), Германия, выступил с докладом «**Влияние добавок на термомеханические свойства бетонов с золь-гелевой связкой**» («*Influence of Additives on the Thermomechanical Properties of Sol-gel Bonded Castables*»). Связки без алюминаткальциевого (высокоглиноземистого) цемента (САС) находились в последние годы в фокусе разработок в области огнеупоров. Наряду с коллоидным кремнеземом интересные результаты в качестве альтернативной связующей системы показали глиноземистые золи. Были изучены глиноземистый золь и влияние различных добавок. Вначале сравнивали бетоны на цементной и золь-гелевой связках, чтобы понять механизмы связывания золя. Затем изучали добавки BaSO₄ и SiO₂ и их влияние на термомеханические свойства. Пришли к выводу, что можно получить тиксотропный золь в качестве связки с оптимальной текучестью.

• *Arup Kumar Samanta* из компании «*TRL Krosaki Refractories*», Индия, сделал сообщение на тему «**Влияние микрокремнезема и высокоглиноземистого цемента на термомеханические свойства низкоцементных бетонов**» («*Effect of Microsilica and Calcium Aluminate Cement on Thermomechanical Properties of Low Cement Castables*»). Хотя цемент является важным компонентом низкоцементных и ультранизкоцементных бетонов, он отрицательно влияет на различные термомеханические свойства, в частности на термостойкость, высокотемпературную прочность при изгибе (HMOR) и температуру деформации под нагрузкой (RUL). В присутствии микрокремнезема, цемента и ряда добавок формируются несколько эвтектик в зависимости от качества и количества цемента и микрокрем-

незема, имеющих в системе. Было установлено, что НМОР бетонов зависит от температуры обжига, выдержки и присутствия андалузита. Повышенная термостойкость характерна для образцов, имеющих более высокое содержание цемента, вследствие наличия микропор и образования фазы CA_6 при обжиге.

• *Hong Peng* из компании «*Elkem Silicon Materials*», Норвегия, представил доклад «Улучшение текучести огнеупорных бетонов в результате оптимизации гранулометрического состава» («*Improved Flow of Refractory Castables by Optimised Particle Size Distribution*»). Были разработаны саморастекающиеся огнеупорные бетоны с оптимизированным гранулометрическим составом (*particle size distribution — PSD*). Для регулирования текучести и продолжительности схватывания бетонов, содержащих микрокремнезем, были использованы SiO_x - и SiO_x -Quick-системы. В данной работе в качестве образцов выбраны низкоцементный бетон (*low-cement castable — LCC*) на основе боксита, ультранизкоцементный бетон (*ultra-low cement castable — ULCC*) и бесцементный бетон (*non-cement castable — NCC*). Во всех трех тестируемых системах достигли 100 %-ной саморастекаемости при добавке 5,5 % воды. После предварительного обжига при разных температурах были измерены механические свойства, такие как прочность при сжатии на холоду (*cold crushing strength — CCS*), прочность при изгибе на холоду (*cold modulus of rupture — CMOR*) и высокотемпературная прочность при изгибе (*hot modulus of rupture — HMOR*). Оптимизированный PSD приводит не только к лучшим текучести и характеристикам укладки, но и к улучшенным механическим свойствам опытных систем.

• *Izabela Majchrowicz* из отделения огнеупоров Института керамики и строительных материалов, г. Гливице (*Inst. of Ceramics and Building Materials, Refractory Materials Division, Gliwice*), Польша, выступила с докладом «Влияние вязкости матрицы на седиментацию саморастекающихся бетонов» («*Influence of Matrix Viscosity on Sedimentation of Self-flow Castables*»). Изучены взаимосвязь между эффективной вязкостью суспензии матрицы и величиной свободной растекаемости (*free flow value*), а также явление седиментации в бетонах. Исследования проведены на саморастекающихся бетонах на основе шамота и белого плавящего корунда. В этих двух типах бетонов состав матрицы был одинаков. Вязкость саморастекающейся бетонной матрицы является важным фактором, влияющим на величину сво-

бодной растекаемости. Однако следует принимать во внимание тот факт, что слишком низкая вязкость суспензии матрицы может привести к нежелательной седиментации заполнителей. В связи с этим в процессе разработки саморастекающихся бетонов рекомендовано принимать во внимание вязкость бетонной матрицы.

• *Smita Satpathy* из компании «*TRL Krosaki Refractories*», Индия, выступил с сообщением «Влияние щелочных полифосфатов на старение (твердение) Al_2O_3 — SiC — C -бетонов» («*Effect of Alkaline-Polyphosphates on Aging Behaviour of Al_2O_3 — SiC — C Base Castables*»). Полифосфаты двух различных видов были выбраны для изучения старения Al_2O_3 — SiC — C -бетонов, в которых содержание диспергирующих агентов колебалось в пределах от 0,05 до 0,20 %.

• *Jean-Michel Auvray* из компании «*Kerneos*», Франция, представил доклад на тему «Новое понимание механизмов коррозии плотных огнеупорных бетонов, содержащих новую связку системы CaO — MgO — Al_2O_3 » («*New Insights into Corrosion Mechanisms of Dense Refractory Castables Containing a Novel Calcium-magnesia-alumina Binder*»). В результате специфического расположения гексаалюмината кальция CA_6 , который прочно сцепляется со шпинельными частицами, матрица физически и химически устойчива к воздействию шлака, что приводит к некоторой последовательности реакций, отличающейся от той, которая наблюдается у традиционных алюминаткальциевых цементов (*calcium aluminate cements — CAC*).

• *Ana P. Luz* из Федерального университета г. Сан-Карлос (*Federal University of Sao Carlos*), Бразилия, выступила с докладом «Достижения в термодинамическом моделировании коррозии Al_2O_3 — MgO -бетона» («*Advances in Thermodynamic Simulation of Al_2O_3 — MgO Castable Corrosion*»). Хотя термодинамическая оценка составов бетонов позволила правильно идентифицировать фазовые превращения, лучшей альтернативой представляется двухступенчатый анализ взаимодействия в жидкой фазе с матричными компонентами и позже с частицами заполнителя, чтобы спрогнозировать различные показатели коррозии двух разработанных Al_2O_3 — MgO -бетонов (содержащих в качестве связующего гидратируемый глинозем или высокоглиноземистый цемент).

• *Sutkowski Michal* из компании «*Arcelor-Mittal Refractories*», Польша, представил доклад «Современные кислотоупорные бетоны» («*Modern Acid Resistant Castables*»). Технические ограничения по использованию

цемента вызвали развитие альтернативного связующего и способствовали появлению нового поколения бетонов на связке из золя кремниевой кислоты. В процессе гелеобразования новая связка позволяет получать высокую механическую прочность без сложной термообработки.

• *Michael Springer* из компании «*FBB Engineering*», Германия, от имени коллег из компаний «*Voest-Alpine*», Австрия, и «*Almatis*», Германия, выступил с докладом «**Снижение тепловых потерь через систему подовых труб толкательной нагревательной печи на заводе в Линце компании «Voest-Alpine Grobblech» («Reduction of Heat Losses on the Skid Pipe System of a Pusher Type Furnace at the Linz Plant of «Voest-Alpine Grobblech»**). Сотрудничество между потребителем, поставщиком огнеупоров и поставщиком сырья позволило разработать и ввести в эксплуатацию новую инновационную концепцию огнеупорной футеровки, которая уменьшает потребление энергии в печах прокатного стана и способствует сокращению эмиссии CO₂. Компания «*Voestalpine Grobblech GmbH*» была пионером в реализации инновационных решений на практике.

• *Jose de Anchieta Rodrigues* из Федерального университета г. Сан-Карлос (*Federal University of Sao Carlos*), Бразилия, представил доклад «**Влияние размера образца на устойчивость к термоудару для огнеупорных бетонов, содержащих эвтектические заполнители» («Effect of Sample Size on the Resistance to Thermal Shock for Eutectic Aggregates Containing Refractory Castables»**). При проведении испытания на закалывание оценивали образцы двух размеров, чтобы выяснить, как влияет изменение объема образцов на термостойкость (устойчивость огнеупора к термоударам).

Доклады секции «Сталь»

• *Thomas Deinet* из Группы исследований огнеупоров (*Forschungsgemeinschaft Feuerfest*), Германия, выступил с докладом на тему «**Энергоэффективный и мягкий предварительный нагрев литейных ковшей с использованием пористой горелки с керамической радиантной трубкой» («Energy-efficient and Gentle Pre-heating of Foundry Ladles Using a Pore Burner with Ceramic Radiant Tube»**). Предварительный нагрев литейных ковшей часто проводится с использованием газовой горелки с открытым копьевидным пламенем (*lance-shaped flame*). Нагрев футеровки в случае подогрева неоднороден, поэтому в футеровке

могут возникнуть термические и механические напряжения, приводящие к снижению срока службы. Технология пористых горелок с радиантной трубкой успешно внедрена как альтернативное решение нагрева и используется для сушки и нагрева футеровки металлургических агрегатов. В данном исследовании керамическая радиантная трубка была сконструирована и протестирована на стенде предварительного нагрева ковшей в литейном производстве цветных металлов. Керамическая радиантная трубка очень хорошо противостояла термическим и механическим напряжениям и доказала свое значение как альтернативный радиантный (излучающий) материал с отличными химическими и термомеханическими свойствами.

• *V. Stein* из Института керамики, стекла и конструкционных материалов, входящего в состав Технического университета Горной академии Фрайберга (*Institute of Ceramic, Glass and Construction Materials, TU Bergakademie Freiberg*), Германия, представил работу на тему «**Влияние оксидов металлов IV группы на свойства высокоосновных огнеупоров на углеродистой связке» («The Influence of Subgroup IV Metal-oxides on the Properties of Carbon-bonded High-basic refractories»**). Высокоосновные огнеупоры, подобные доломитовым, с содержанием углерода не более 5 мас. % широко используются в качестве футеровки в установках для внепечной обработки стали. Использование обогащенного CaO-материала обусловлено его высокой термодинамической стабильностью при очень низком парциальном давлении кислорода и способностью связывания серы из чугуна. Исследовано влияние субмикронных порошков оксидов металлов IV группы TiO₂ и ZrO₂ на свойства огнеупоров доломитоуглеродистого состава. С одной стороны, оксиды способны улучшать механические свойства системы путем формирования перовскитов (CaTiO₃ и CaZrO₃). С другой стороны, оксиды способны влиять на полимеризацию, а также карбонизацию связующей синтетической смолы. Добавки ZrO₂ и TiO₂ приводят к существенному повышению содержания углерода после коксования. Суммарное воздействие этих эффектов предполагает возможность уменьшения общего содержания углерода без ухудшения свойств огнеупорных изделий. Этот аспект представляет большой интерес с точки зрения снижения вредных выделений и получения экологичных огнеупоров.

• *Nuri Sarioglu* из компании «*KüMA — Magnesite Industries*», Турция, выступил с докладом «**Характеристики растворения MgO—C-изделий в сталеплавильных шлаках электродного дугового расплава» («MgO—C Products Dissolution in Electric Arc Furnace Slags»**).

тродуговых печей со ступенчато изменяющейся степенью насыщения MgO» («*The Dissolution Behavior of MgO—C Bricks in Electric Arc Furnace Steel Slags with Graded Magnesia Saturation*»). Характеристики растворения MgO—C-изделий, установленных в шлаковом поясе электродуговых печей, были изучены с рассмотрением различных степеней насыщения MgO. Химический состав исходного шлака, полученного из электродуговой печи местного металлургического завода, %: CaO 36,28, SiO₂ 16,26, Al₂O₃ 9,82, Fe₂O₃ общ 26,43, MnO 6,73, MgO 3,33; в небольших количествах присутствовали Cr₂O₃, TiO₂, P₂O₅ и S. В процессе проведения исследований синтетический шлак был модифицирован по содержанию MgO путем введения ступенчато изменяющихся добавок MgO вплоть до насыщения, которое было достигнуто при 1600 °С согласно изотермической диаграмме растворимости.

• *Silvia Camelli* из Аргентинского института металлургии (*Instituto Argentino de Siderurgia*), Аргентина, выступила с докладом «Периклазоалюмографитовые изделия для зоны металла сталеразливочных ковшей» («*Magnesia-alumina-graphite Bricks for Steel Ladle Metal Line*»). Новая технология огнеупорных изделий для зоны металла сталеразливочных ковшей была внедрена компаниями «*Ternium Siderar*» и «*Magnesita Refractorios S. A.*». Разработка периклазоалюмографитовых изделий связана с проблемами наличия глиноземистых сырьевых материалов и возросшим спросом на чистые стали. Эти изделия содержат спеченный MgO как главный наполнитель, а в матрице имеется баланс между антиоксидантами, зёрнами корунда и тонкими частицами MgO. Изделия обладают хорошими показателями: улучшенной открытой пористостью, повышенной термической стабильностью и коррозионной стойкостью. Исследования опытных образцов после коррозионных испытаний провели с помощью оптической и электронной микроскопии (SEM), а также дисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS). Выявленная химическая коррозия в периклазоалюмографитовых огнеупорах под воздействием ковшевого шлака — это проникновение шлака в матрицу и вокруг зёрен MgO, разрыхление зёрен MgO и образование шпинельного барьера. Этот непрямой коррозионный процесс замедляет износ огнеупорного материала.

• *Stephan Clasen* из Группы исследований огнеупоров (*Forschungsgemeinschaft Feuerfest*), Германия, сделал доклад «Инфильтрация жидкой стали в продувочные пробки ков-

шей» («*Infiltration of Molten Steel into Ladle Purging Plugs*»). Внепечная обработка стали обеспечивает регулирование химического состава и улучшение чистоты и однородности расплавленной стали. Критический этап этого процесса — продувка металла газом. Продувка выравнивает химический состав и температуру расплавленной стали и повышает чистоту расплава путем активации всплывания включений. Кроме того, в процессе продувки газом реализуются быстрое растворение и смешивание легирующих добавок. Обработка путем продувки газом может быть эффективна только с хорошо работающими продувочными пробками. Практика показала, что сталь проникает в газовые каналы продувочных пробок, затвердевает и блокирует газовые каналы, что влияет на газовую продувку. На процесс инфильтрации стали влияют следующие факторы: температура стали, ее состав, ферростатическое давление, керамический материал продувочных пробок, диаметр и геометрия газового канала. В производственной практике эти факторы нельзя рассматривать отдельно друг от друга. В связи с этим были инициированы исследования в контролируемых лабораторных условиях, чтобы изучить роль каждого из упомянутых выше факторов.

• *Katharina Schwarz* из Университета прикладных наук в г. Кобленце (*University of Applied Science Koblenz*), Германия, представила доклад «Исследование проникновения жидкой стали в продувочные пробки» («*Investigation of the Tendency of Liquid Steel to infiltrate Purging Plugs*»). Инфильтрация жидкой стали в газовые каналы продувочных пробок все еще является нерешенным вопросом во внепечной обработке стали. Это, как правило, вызывает закупоривание щелей. Впоследствии продувка снижается или в худшем случае полностью прекращается. Дедуктивное исследование в области совершенствования продувочных пробок сдерживается отсутствием подходящих методов испытаний, которые способны моделировать производственные условия на металлургическом предприятии в лабораторных масштабах. Экспериментальная установка должна обеспечивать возможность провести анализ проникновения металла в щели продувочной пробки. Были запланированы и опробованы две различные экспериментальные установки с обычными огнеупорными смесями. ■

(Продолжение следует)

Получено 04.12.13

© *И. Г. Очагова*

(ОАО «Черметинформация»), 2013 г.