

(рис. 5) в сторону трубы. Практика показала, что его лучше выдерживать в пределах 2 мм. Одновременно производится контроль и, если надо, регулировка в горизонтальной плоскости (рис. 6). После достижения необходимых параметров ось фиксируется оседержателями с помощью сварки. Аналогично производится установка остальных трех колес, причем работы можно вести параллельно сразу на нескольких колесах.

## Выводы

Предлагаемый способ позволяет получить достаточно точную геометрию установки колес для нормальной работы тележки. Практический опыт показал, что используя данный метод можно полностью выставить 4 колеса тележки за 16 ч при работе двух бригад в смену.

## Summary

A. Vasilenko

### Technology of the crane running wheels matching to the design position during repair

Analysis of the existing bases of the bridge steel structures – Re-loader suitable for the running wheels' geometry correction is given. Features of the running wheels' geometry recovery directly at the crane have been considered with the use of the confirmed traveling girder axis as imaginary base.

## Анотація

О. М. Василенко

### Технологія приведення ходових коліс крана в проектне положення при ремонті

Приведений аналіз існуючих баз із металоконструкцій моста крана-перевантажувача, придатних для корекції геометрії коліс пересування візка. Розглянуті особливості відновлення геометрії коліс пересування візка крана безпосередньо на крані з використанням в якості уявної бази осі підтверджених їздових балок.

## Ключевые слова

Кран, ходовые колеса, грейферная тележка, несоосность, развал, подтележечные рельсы, шарнирные соединения, износ реборды, консоль

УДК 666.3:621.783.2

В. Л. Мазур (ФТИМС НАНУ), А. И. Рябов, В. В. Мазур (ООО «Синтиз»)

## Энергосбережение, теплоизоляция, «мягкие» огнеупоры

Реальным, сравнительно недорогим, быстро реализуемым и быстро окупаемым мероприятием существенного тепло- и энергосбережения в металлургии является применение огнеупоров из высокотемпературного муллитокремнеземистого волокна для футеровки различных тепловых агрегатов. Для теплоизоляции различных агрегатов в металлургии, машиностроении, химической промыш-

Применение высокотемпературных огнеупорных материалов и изделий из муллитокремнеземистого волокна для футеровки плавильных и тепловых агрегатов позволяет повысить их производительность, существенно уменьшить энергетические затраты на производство продукции в разных отраслях промышленности. Показаны преимущества и примеры использования таких огнеупоров на предприятиях Украины и России

ленности все большее распространение получает огнеупорное муллитокремнеземистое (алюмосиликатное) волокно. В г. Синельниково Днепропетровской области на ООО «Синтиз» («Синель-

никовская теплоизоляция») успешно функционирует современный промышленный комплекс по производству муллитокремнеземистого волокнистого материала и изделий из него (ваты, рулонного материала, войлока, плит и других), соответствующих требованиям ГОСТ 23619-79. Созданы, внедрены в производство и стандартизированы новые виды теплоизоляционных плит и других изделий из огнеупорного муллитокремнеземистого волокна, имеющих повышенную прочность, высокую точность размеров и пригодность для эксплуатации при высоких (до 1600 °С) рабочих температурах. Активизированы исследовательские работы в направлении оптимизации шихты для получения волокна, улучшения его качества и снижения себестоимости.

Украина – энергодефицитное государство, а цены на энергоносители (газ, нефть, уголь), очевидно, будут возрастать. Собственными ресурсами оно обеспечивает свои энергопотребности всего на 53 %. Сегодня Украина занимает одно из первых мест в мире по затратам энергии на единицу производимого валового продукта. Энергоемкость валового внутреннего продукта Украины в 3-5 раз выше, чем развитых государств Западной Европы. Потенциал энергосбережения составляет 45 % нынешнего объема потребляемых энергоресурсов. При этом наибольшим в стране потребителем энергоресурсов является ее горно-металлургический комплекс (ГМК). В металлургической промышленности достижимый потенциал энергосбережения на ближайшие 5 лет составляет 20-25 %, а на более далекую перспективу – 30 [1-3]. Поэтому реализация энергосберегающего направления развития металлургии на нынешнем этапе рассматривается как актуальнейший путь решения проблемы энергозависимости государства. Для сохранения нынешней значимости ГМК в экономике страны нет альтернативы энергосберегающей модели его эволюции.

В нынешних условиях усилия металлургов должны быть направлены на поиск быстро реализуемых, сравнительно недорогих и быстро окупаемых решений в сфере тепло- и энергосбережения. На предприятиях ГМК Украины такой эффект достигается в результате использования современных высокотемпературных теплоизоляционных материалов. Техническое развитие металлургической промышленности требует расширения использования прогрессивных теплоизоляционных материалов при проектировании, реконструкции и модернизации всех промышленных объектов, где стоит задача теплосбережения, теплозащиты, снижения энергетических затрат в производственных процессах.

Эффективные теплоизоляционные материалы, изделия и конструкции из них сокращают потери тепла, обеспечивают экономию топлива и электроэнергии, обуславливают устойчивые режимы эксплуатации технологического оборудования, повышают безопасность условий труда персонала.

Практически на всех металлургических и машиностроительных заводах России и Украины в различного рода нагревательных устройствах, термических, нагревательных печах и колодцах, котлах, дымоходах и другом оборудовании в качестве рабочего незащищенного слоя футеровки и промежуточного (защищенного) слоя футеровки, где решается задача изоляции воздействия высоких температур, традиционно применяют кирпичную огнеупорную кладку. Такая же картина наблюдается на коксохимических, метизных, горнорудных предприятиях. Недостатки применения кирпичной кладки для решения проблемы теплоизоляции и теплосбережения хорошо известны (увеличение габаритов и стоимости агрегатов, высокая теплоемкость кладки из огнеупорного кирпича при сравнительно неэффективной теплоизоляции, тепловая и температурная инерционность кладки, расход энергии на ее нагрев до температур эксплуатации и т. д.).

В промышленности технически развитых государств кирпичная огнеупорная кладка применяется сейчас лишь в условиях, где имеется непосредственный контакт футеровки с жидким металлом или кладка может подвергаться ударным нагрузкам. Кирпичная кладка все больше и больше вытесняется пористыми или волокнистыми огнеупорными материалами нового поколения. Результат от использования прогрессивных теплоизоляционных материалов в промышленных объектах металлургии, как правило, превышает возможности уменьшения потерь тепла и снижения энергозатрат за счет выбора рациональных режимов технологических процессов (оптимизации скоростных и деформационных параметров процессов горячей и холодной прокатки металла, например, и др.) [4].

В настоящее время в мире производится достаточно большое количество различных видов пористых теплоизоляционных материалов, отличающихся между собой структурой, свойствами, назначением. Теплоизоляционные пористые материалы изготавливают из различного сырья, применяя разные способы получения их пористого строения. В зависимости от этого поры в теплоизоляционном материале могут быть ячеистого строения, волокнистого, пластинчатого, смешанного и т. п.

Основными показателями качества теплоизоляционных материалов являются их средняя

плотность, пористость, теплопроводность, прочность, влажность, стойкость при высоких и низких температурах, биостойкость, огнеупорность, деформируемость под воздействием нагрузок, дополнительная усадка (рост), сопротивляемость агрессивным средам и др. Среди футеровочных теплоизоляционных материалов указанными качественными показателями в наибольшей степени обладают материалы, полученные на основе супертонких муллитокремнеземистых волокон.

Достоинствами современных волокнистых материалов, к которым, в первую очередь, относятся материалы и изделия огнеупорные теплоизоляционные муллитокремнеземистые (алюмосиликатные, коалиновые), стекловолокнистые, являются: сравнительно небольшая плотность (рулонного материала не более  $150 \text{ кг/м}^3$ , муллитокремнеземистых изделий сложной конфигурации с кажущейся плотностью не более  $500 \text{ кг/м}^3$ ), низкая теплопроводность (в 5-6 раз ниже, чем огнеупорного кирпича), практически неограниченная термостойкость (в том числе способность выдерживать циклические изменения температуры при периодических нагревах и охлаждениях футеровки), отсутствие опасности разрушения футеровки, малая теплоемкость (что позволяет при необходимости быстро осуществлять разогрев и охлаждение нагревательных устройств, агрегатов, например, термических печей). К преимуществам огнеупорных материалов и изделий на основе муллитокремнеземистого волокна относится также разнообразие их видов (вата, рулонный материал, войлок, плиты, фетр, картон), что предопределяет удобство их применения в промышленности. Кроме того, варьируя химическим составом (содержанием алюминия, хрома, циркония) можно изменять максимально возможную температуру эксплуатации муллитокремнеземистых материалов и изделий из них.

Более 50 % производимых волокнистых муллитокремнеземистых материалов и изделий из них в настоящее время потребляют предприятия металлургической промышленности. Примерно 25 % производимой продукции используется в теплоэнергетике.

Стандарт на материалы и изделия огнеупорные теплоизоляционные муллитокремнеземистые стекловолокнистые (ГОСТ 23619-79) был разработан еще Министерством черной металлургии СССР. Его разработчиком был Украинский научно-исследовательский институт огнеупоров имени А. С. Бережного. Однако, с распадом СССР и сопутствовавшей ему депрессии в технологическом развитии горно-металлургической промышленности Украины и России в течение 10-15 лет распространение этого прогрессивного огнеупорного материала на предприятиях СНГ приостано-

вилось. Причиной недостаточного применения огнеупорных муллитокремнеземистых волокнистых материалов в металлургии указанных государств являлось недостаточные объемы производства их в России и Украине, а также чрезмерно высокая стоимость такой продукции за рубежом. Тема применения эффективных огнеупорных волокнистых материалов и изделий из них стала сегодня крайне актуальной как с технической, так и экономической точек зрения.

В соответствии с ГОСТ 23619-79, теплоизоляционные огнеупорные муллитокремнеземистые стекловолокнистые материалы и изделия из них предназначены для применения в качестве теплоизоляционного компенсационного материала для воздухонагревателей доменных печей, изоляции стен и куполов воздухонагревателей, теплоизоляции термических, нагревательных, вертикально-секционных, цилиндрических и других типов печей, металлопроводов, укрытий желобов для чугуна и шлака, нагревательных колодцев, утепления головной части слитков и отливок из чугуна и стали и других объектов. Указанные муллитокремнеземистые волокнистые материалы и изделия из них могут также эффективно применяться в качестве рабочего (незащищенного) слоя футеровки, не подвергающейся действию расплавов, агрессивных газовых потоков со скоростью более 10 м/с, и для промежуточного (защищенного) слоя футеровки.

Наиболее современный комплекс по производству огнеупорных теплоизоляционных муллитокремнеземистых материалов и изделий на их основе по ГОСТ 23619-79 на территории СНГ введен в эксплуатацию в 2003 г. в Украине на ООО «Синтиз» («Синельниковская теплоизоляция», г. Синельниково, Днепропетровской обл.) с участием Физико-технологического института металлов и сплавов НАН Украины [5].

В производственном процессе на ООО «Синтиз» использованы самые последние научно-технические достижения в соответствующей отрасли. Кабельная подача сырья из подготовительного отделения в плавильное обеспечила резкое уменьшение инородных примесей в готовой продукции. Для промышленного получения огнеупорных муллитокремнеземистых волокон на ООО «Синтиз» использовали электрическую дуговую печь, которая содержит 5 графитовых электродов диаметром 150 мм. Расстояние между электродами 350 мм. Объем печи позволяет загружать в ее пространство 5 т сырья, состоящего из глинозема и кварцевого песка. Перед выпуском расплав дополнительно подогревается в специальной камере. Выпускное отверстие расплава охлаждается водой. Загрузка шихты в плавильную печь осуществляется в автоматическом режиме через АСУ на основании

данных ежедневного контроля качества готовой продукции. Применение мощного печного трансформатора и автоматизированное управление плавкой в печи через АСУ позволяет получать качественный расплав в зоне плавления. Специальная конструкция волокнообразующего устройства обеспечивает получение стабильного по толщине (3 мкм) и сравнительно длинного (10-70 мм) волокна во время его раздува. В потоке производственного процесса осуществляется полимеризация волокна, во время которой в волокно вводятся специальные добавки и осуществляется термическая обработка при температуре 350 °С в течение 3-4 мин. Производительность раздува волокна составляет 400 кг/ч.

Важно отметить, что с учетом мировой практики исследования в области использования волокнистых материалов в качестве тепловой изоляции агрегатов в СССР были начаты еще в 1970 г. Именно в это время Харьковский научно-исследовательский институт огнеупоров им. А. С. Бережного начал разработку технологии и оборудования для производства принципиально нового теплоизоляционного материала – алюмосиликатных огнеупорных волокон. Первое промышленное производство муллитокремнеземистого волокна для температур до 1150 °С было организовано в 1973 г. на Сухоложском огнеупорном заводе. Позднее с участием специалистов Харьковского НИИ огнеупоров была разработана технология получения теплоизоляционных волокнистых изделий для использования в высокотемпературных воздухонагревателях доменных печей, для утепления головной части слитков, для теплоизоляции глассажных труб нагревательных печей в прокатных цехах. Эти материалы были использованы для футеровки тепловых агрегатов при строительстве доменных печей № 9 (на заводе «Криворожсталь») и 4 (на Карагандинском металлургическом комбинате). Была также разработана и реализована на Сухоложском огнеупорном заводе технология производства огнеупорного картона из муллитокремнеземистого волокна, который использовался как рабочая футеровка металлопроводов жидкого алюминия на КАМАЗе вместо импортного картона. На Новолипецком металлургическом комбинате была разработана и внедрена конструкция двухслойной изоляции подовых труб методических нагревательных печей. В качестве теплоизоляционного слоя использовали рулонный волокнистый материал марок МКРР-130 и МКРВ-200 по ГОСТ 23619-79. По данным специалистов НИИ огнеупоров стойкость такой изоляции при температурах эксплуатации 1350-1370 °С достигала полутора лет, при этом затраты условного топлива снижались на 15-20 % [5]. Фетр марки МКРФ-100 по

ГОСТ 23619-79 для эксплуатации при температурах до 1350 °С применяется в реформере цеха металлизации Оскольского электрометаллургического комбината.

Проблема крепления волокнистой изоляции в тепловых агрегатах решается за счет использования либо керамических анкеров шамотного и высокоглинеземистого состава, изготовление которых было разработано и освоено на опытном производстве Харьковского НИИ огнеупоров, либо металлических штырей, клипс и шайб, выполненных из специальной жаропрочной стали. Штыри крепятся к основной конструкции контактной сваркой.

Наиболее приемлемой для получения тугоплавких волокон по температуре плавления и вязкости расплава является система  $Al_2O_3-SiO_2$  при соотношениях (в %) 30-80  $Al_2O_3$  и 70-20  $SiO_2$ . Обычно алюмосиликатное волокно получают плавлением смеси  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$  (в соотношении близком 1:1) или природных материалов того же состава. Большинство производителей для изготовления муллитокремнеземистых волокнистых материалов используют искусственные смеси технического глинозема и кремнезема. В качестве кремнезема, содержащей составляющей, как правило, используют кварцевый песок, очищенный от примесей и высушенный до остаточной влажности 1-2 %. В связи со сравнительной дороговизной глинозема большой интерес представляет использование в качестве исходного сырья для получения муллитокремнеземистых волокнистых материалов природных алюмосиликатов, в частности, природных минералов каолинового состава.

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины проанализировал опыт производства на ООО «Синтиз» и применения на предприятиях ГМК наиболее эффективных с позиций теплосбережения огнеупорных материалов из муллитокремнеземистого волокна по ГОСТ 23619-79 и ТУ 26.2-00190503-301-2008. В соответствии с техническими условиями ГОСТ 23619-79 материалы и изделия муллитокремнеземистые, производимые ООО «Синтиз», делятся на муллитокремнеземистую вату (теплоизоляционный материал, предназначенный, в том числе, для изготовления теплоизоляционных огнеупорных изделий), рулонный материал толщинами 20, 30, 40 мм, шириной 600-1400 мм и длиной 5000-15000 мм; войлок тех же размеров; плиты толщинами 30, 40, 50, 60 мм, длиной 600, 700 мм, шириной 400, 500 мм; картон толщинами 3, 4, 5, 6, 7 мм, длиной 800-1200 мм, шириной 500-800 мм; фетр толщиной 15-35 мм, длиной 1000-10000 мм, шириной 600-1400 мм.

Испытания, проведенные на ООО «Синтиз» показали, что муллитокремнеземистый хромосодер-

жащий материал и изделия из него выдерживают температуру применения до 1300 °С, цирконий-содержащий – до 1600 °С. По физико-химическим показателям муллитокремнеземистые материалы и изделия соответствуют следующим требованиям: массовая доля на прокаленное вещество  $Al_2O_3 = 45-51 \%$ ;  $Al_2O_3 + SiO_2$  – не менее 86-97 % (в зависимости от назначения материалов и изделий). Содержание  $Cr_2O_3$  (в %) в хромсодержащих материалах и изделиях 2-4, а содержание  $ZrO_2$  в цирконийсодержащих материалах составляет 5-15.

Теплоизоляционные муллитокремнеземистые материалы и изделия нетоксичны, пожаро- и взрывобезопасны. Важно подчеркнуть, что в то время как лучшие образцы минеральной или базальтовой ваты и изделия из них выдерживают температуры применения не более 700 °С, то обычные муллитокремнеземистые материалы и изделия применяются в длительных режимах при максимальных температурах 1150-1300 °С, а при однократном использовании, например, для утепления головной части слитков и отливок из чугуна и стали – при температурах до 1600 °С.

Теплоизоляционные муллитокремнеземистые (каолиновые) материалы и изделия во многих случаях могут применяться взамен изделий из асбеста, который, как известно, обладает канцерогенными свойствами.

Наилучшая термостойкость муллитокремнеземистых волокон производства ООО «Синтиз» достигается при содержании (массовой доле на прокаленное вещество)  $Al_2O_3$  в пределах 51-52 % и суммарном содержании  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$  – не менее 97,5 %. При модификации сырья оксидом циркония лучшие результаты достигаются при доле  $ZrO_2$  в пределах 10-15 %. В этом случае суммарное содержание оксидов алюминия и кремния снижается до 85 %.

В наших предыдущих работах [3, 5-6 и других] на отдельных примерах было показано, что при футеровке высокотемпературных металлургических агрегатов «мягкими» огнеупорами из муллитокремнеземистого волокна (огнеупорными ватой, войлоком, фетром, картоном, плитами, модульными блоками), выдерживающими температуру до 1600 °С, взамен или в сочетании с кирпичной кладкой потери тепла уменьшаются иногда в несколько раз. Объемы производства и применения муллитокремнеземистого огнеупорного волокна и изделий из него в промышленности со времени запуска производства этого материала на ООО «Синтиз» существенно возросли. Новая информация о поведении этого материала в процессе его длительной эксплуатации на различных предприятиях ГМК позволила систематизировать накопленный опыт и сделать следующие обобщения.

Огнеупорные изделия из муллитокремнеземистого волокна, обладая высоким тепловым сопротивлением эффективно используются при строительстве новых и реконструкции действующих тепловых агрегатов для эксплуатации преимущественно при температурах (°С) до 1350, а материал с содержанием циркония – до 1600. В зависимости от требований к механической прочности огнеупорные плиты из муллитокремнеземистого волокна могут изготавливаться с различной плотностью (от 200 до 600 кг/м<sup>2</sup> в плитах ПМКРГТ-600). Достоинства материала состоят в его сравнительно небольшой массе, что уменьшает общую массу футеровки и объекта в целом, а также в малой аккумуляции тепла, что особенно важно для прерывно работающих агрегатов, например, термических печей периодического действия. Применение огнеупоров из волокнистых материалов уменьшает тепловой поток через стены и свод печи, ускоряет процесс нагрева обрабатываемых изделий. Высокая температура длительного применения и кратковременная максимальная температура безопасной эксплуатации, а также пониженные потери на аккумуляцию тепла, что увеличивает КПД агрегатов, являются безусловными преимуществами огнеупорных изделий из муллитокремнеземистого волокна.

Наибольшее применение волокнистые огнеупорные муллитокремнеземистые материалы получили для футеровки стен и сводов колпаковых печей в листопрокатном производстве. Эффективность использования волокнистых огнеупоров в колпаковых печах подтверждена более чем десятилетним опытом Новолипецкого, Магнитогорского, Череповецкого и ряда других металлургических комбинатов. В результате применения волокнистых огнеупоров снижается тепловой поток через стены и свод печи, уменьшается теплоемкость футеровки. Это обеспечивает уменьшение расхода топлива, увеличение производительности печи за счет сокращения цикла разогрева и охлаждения агрегата.

Одним из примеров эффективного применения такого материала может служить ООО «Уральская Сталь» (ОХМК), где при реконструкции дымового бора термических роликовых печей в ЛПЦ-1 для футеровки использовали огнеупорные волокнистые материалы [7]. Экономические расчеты показали, что проект реконструкции, предусматривающий сооружение нового бора в существующем железобетонном каркасе, по сравнению с другими решениями наиболее предпочтителен, благодаря применению волокнистых огнеупорных материалов. За счет использования волокнистых огнеупоров обеспечены такие преимущества, как возможность осуществления реконструкции бора поэтапно отдельными участниками без ущерба

для производства; отказаться от трудоемких и больших объемов подземной кирпичной кладки; расширить проходное сечение борова благодаря тому, что использование волокнистых огнеупоров позволяет уменьшить толщину слоя футеровки, а это крайне важно для улучшения гидравлического режима дымового тракта путем увеличения проходного сечения газов на 18,4 %.

По данным фирмы «Термосталь», которая разработала указанный проект реконструкции борова термических печей, стоимость 1 п. м борова, футерованного керамоволокнистыми материалами в 2 раза меньше, чем сооружение борова того же проходного сечения только из огнеупорного кирпича. Учитывая положительные результаты применения волокнистых огнеупорных материалов фирма «Термосталь» и ОХМК разработали решения по внедрению на всех печах комбината волокнистых огнеупоров. При этом, в первую очередь волокнистая футеровка рекомендована и предусматривается для термических печей листопркатных и сортопркатных цехов. В методических нагревательных печах рекомендовано [7] выполнять из керамоволокнистых блоков (плит, изделий сложной формы) «торцы» верхних зон, а из волокнистого рулонного материала и матов (войлока, фетра) – изоляцию глиссажных и опорных труб, уплотнения стен, сводов и горелочных узлов. В обжимных цехах наибольший эффект обеспечит замена кирпичной футеровки крышек нагревательных колодцев волокнистыми огнеупорными материалами.

На коксохимических заводах муллитокремнеземистое волокно применяется для теплоизоляции дверей коксовых батарей.

Выше мы уже сказали о позитивных результатах использования огнеупорных волокнистых материалов при реконструкции дымового борова термических печей листопркатного цеха ООО «Уральская Сталь» (ОХМК) [7], тепловых агрегатов (воздухонагревателей) доменных печей Карагандинского, «Криворожсталь» и «Северсталь» меткомбинатов, для теплоизоляции глиссажных труб нагревательных печей в прокатных цехах Новолипецкого меткомбината. В Украине изделия из муллитокремнеземистых волокнистых материалов применяют на металлургических комбинатах «Азовсталь», Мариупольском им. Ильича, «Запорожсталь», Алчевском и других предприятиях в печах различного назначения (нагревательных, термических, проходных, камерных, колпаковых), при футеровке чугуновозных ковшей, миксеров, крышек нагревательных колодцев, дверей коксовых батарей, а также других узлов и агрегатов. Теплоизоляционные крышки сталеразливочных ковшей, футерованные муллитокремнеземистым во-

локном МКПВ-200, эксплуатируются в ЭСПЦ-1,2 РУП «БМЗ» [8]. Уменьшение в два раза массы сводов и сокращение на 20-30 % расхода газа на отопление печей для обжига электродов на ОАО «Укрграфит» (Запорожье) и ОАО «Новочеркасский электродный завод» обеспечила футеровка их сводов модульными блоками МКРЦФБ из муллитокремнеземистого волокна производства ООО «Синтиз».

Проведенные ООО «Синтиз» на собственной печи длиной 120 м для обжига кирпича при температуре 1000 °С исследования стойкости футеровки стен и свода печи блоками МКПФБ размерами 300x300x70 мм из муллитокремнеземистого волокна показали, что за период эксплуатации с января 2006 по январь 2009 г. состояние футеровки не ухудшилось. Лишь 2 % блоков имели механические повреждения, которые никак не связаны с качеством блоков. Экономия же газа на отопление печи за счет этой футеровки составила 2759 тыс. м<sup>3</sup> [9].

Области применения огнеупорных изделий из муллитокремнеземистого волокна на предприятиях Украины расширяются. Так, с июля 2007 г. на ВАТ «Модуль» (г. Каменец-Подольский, Хмельницкой обл.) в составе агрегата непрерывного цинкования (АГНЦ) полосовой стали работает печь, внутри футерованная войлоком из муллитокремнеземистого волокна. В АГНЦ покрывают цинком полосы из низкоуглеродистой стали толщиной 0,4-0,8 мм, шириной 1000-1250 мм. Вертикальная часть печи равна 16 м, горизонтальная – длиной 24 м. Температура отжига полосы 690-710 °С. Максимальная температура в зонах печи – 1100 °С. При обработке металла в печи вначале осуществляется нагрев в безокислительной атмосфере, а затем отжиг в азотно-водородной атмосфере. Войлоком футерованы все зоны печи, кроме зоны водовоздушного охлаждения полосы. До настоящего времени муллитокремнеземистая футеровка служит безотказно.

Кроме указанных выше областей использования в металлургии теплоизоляционные огнеупорные муллитокремнеземистые (каолиновые) стекловолокнистые материалы производства ООО «Синтиз» эффективны для применения также в качестве теплоизоляционного, компенсационного материала различного рода нагревательных устройств, термических, нагревательных вертикально-секционных, цилиндрических и других типов агрегатов в машиностроении, реакторов, котлов и другого оборудования тепловых и атомных электростанций, металлургических объектов, в качестве рабочего незащищенного слоя футеровки и промежуточного (защищенного) слоя футеровки, в судостроении, оборонной промышленности, а также во всех других отраслях промышленности, где стоит

задача изоляции воздействия высоких температур. Например, замена огнеупорной кирпичной кладки на волокнистую футеровку для одной термической печи с выкатным подом площадью 27 м<sup>2</sup> позволит снизить расход топлива в 20 раз. Поэтому в термических печах различного типа (камерных со стационарным и выдвигным подом, вертикальных, конвейерных, с шагающими балками или подом и других) свод и стены рекомендуется полностью выполнять из волокнистых огнеупорных материалов. В черной металлургии 1 т огнеупорных волокнистых материалов заменяет от 10 до 23 т традиционных огнеупоров (огнеупорного кирпича) [5].

Все большее применение огнеупорные изделия из муллитокремнеземистого волокна находят в цветной металлургии, химической промышленности, атомной энергетике, машиностроении, оборонной промышленности. Реализованные на ООО «Синтиз» прогрессивные технические и технологические решения обеспечивают на порядок более низкие цены волокна и изделий из него по сравнению с ценами на аналогичную зарубежную продукцию, что сделало его конкурентоспособным не только на внутреннем, но и внешних рынках.

Производственный опыт ряда промышленных предприятий показал, что срок окупаемости затрат на внедрение футеровки из муллитокремнеземистого волокна на высокотемпературных агрегатах различного назначения, как правило, не превышает 5-6 месяцев.

Развитие технологии производства огнеупорных муллитокремнеземистых волокон и изделий из них предполагается в направлении дальнейшей отработки температурных режимов плавки и волокнообразования, совершенствования конструкций дутьевых волокнообразующих сопел, оптимизации составов исходной шихты с целью уменьшения доли глинозема в шихте за счет использования природного каолина ( $Al_2O_3 \times 2SiO_2 \times 2H_2O$ ) или природного кианита ( $3Al_2O_3 \times 2SiO_2$ ).

Плавление сырого каолина сопряжено с определенными трудностями. Поэтому с той же целью может быть использован шамот на основе природных алюмосиликатов. Выполненные исследования показали, что плавление шамота протекает в режиме, аналогичном режиму плавления шихты, состоящей из глинозема и кварцевого песка в соотношении 1:1. Природный каолин или кианит, а также шамот могут быть использованы как добавки к шихте, состоящей из глинозема и кварцевого песка, что значительно снизит стоимость продукции.

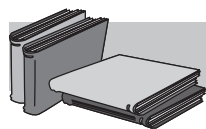
До настоящего времени в полной мере математически не описан механизм формирования волокон, не разработана совершенная математическая модель этого процесса, позволяющая регулировать параметры получаемого волокна (длину, толщину, равномерность толщины по длине, наличие или отсутствие неволоконистых включений различной величины и формы – «корольков»). Реализация результатов названных выше исследований и конструкторских разработок обеспечит улучшение качества выпускаемой продукции, технико-экономических показателей производства, ее себестоимости, что расширит объемы и области применения рассматриваемого эффективного огнеупорного материала.

### Выводы

Для теплоизоляции различных агрегатов металлургического производства и, в первую очередь, нагревательных и термических печей все большее распространение получает огнеупорное муллитокремнеземистое (алюмосиликатное) волокно. На ООО «Синтиз» успешно функционирует современный комплекс по производству огнеупорного теплоизоляционного муллитокремнеземистого волокнистого материала и изделий из него (ваты, рулонного материала, войлока, плит, фетра и др.). Освоено производство цирконийсодержащего муллитокремнеземистого волокна для применения при температурах до 1600 °С.

Разработанные новые огнеупорные материалы и изделия из муллитокремнеземистого волокна, пригодные для эксплуатации при температурах до 1600 °С, обеспечивают реализацию тепло- и энергосберегающих технологий на высокотемпературных агрегатах различных отраслей промышленности. Тепловые потери, обусловленные аккумуляцией тепла кладкой, уменьшаются на 20-40 %. Снижение теплового потока через стены и своды печей может достигать 8-10 %, а потребление газа на обогрев печей – 20-30 %. Применение этих огнеупоров при строительстве новых и модернизации действующих высокотемпературных агрегатов упрощает конструкцию и облегчает на 15-20 % их массу, на порядок уменьшает расход огнеупоров и в 2-3 раза трудовые затраты на монтаж кладки.

Дальнейшее развитие технологии производства огнеупорных волокнистых материалов будет основываться на результатах поисковых исследований и конструкторских работ, направленных на оптимизацию исходной шихты, снижение себестоимости готовой продукции при улучшении ее качества.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Мазур В. Л. Перспективы тепло- и энергосбережения в ГМК Украины // Сталь. – 2008. – № 7. – С. 113-117.

2. Мазур В. Л., Скороход А. Б. Конкурентные позиции предприятий горно-металлургического комплекса Украины // Экономика Украины. – 2009. – № 3. – С. 4-18.
3. Мазур В. Л., Рябов А. И., Мазур В. В. Тепло- и энергосбережение в металлургии. Задачи, решения, перспективы // Экология и пром-сть. – 2008. – № 2. – С. 51-55.
4. Мазур В. Л., Рябов А. И., Мазур В. В. Рациональные направления тепло- и энергосбережения при производстве проката // Пр-во проката. – 2009. – № 1. – С. 34-36.
5. Мазур В. Л., Рябов А. И., Мазур В. В. Проблемы теплосбережения и теплоизоляции в металлургии и пути их решения // Металлургическая и горнорудная пром-сть. – 2005. – № 1. – С. 68-71.
6. Мазур В. Л., Рябов А. И., Мазур В. В. «Мягкие» огнеупоры – эффективный путь тепло- и энергосбережения в металлургии // Металлургическая и горнорудная пром-сть. – 2008. – № 2. – С. 82-86.
7. Николаев О. Н., Федоренко Г. Н., Тетерин А. П. Использование огнеупорных волокнистых материалов для футеровки борова термических роликовых печей // Металлург. – 2004. – № 7. – С. 55-56.
8. Муриков М. А., Носовец А. И., Носовец В. М. и др. Использование теплозащитных крышек для сталеразливочных ковшей на РУП «БМЗ» // Литье и металлургия. – 2008. – № 1. – С. 28-30.
9. Мазур В. Л., Рябов А. И., Мазур В. В. Производственный опыт теплоизоляции высокотемпературных агрегатов в металлургии // Металлургическая и горнорудная пром-сть. – 2009. – № 3. – С. 131-134.

## Summary

V. Masur, A. Rjabov, V. Masur

### Energy economy, thermal insulation, «soft» refractories

The application of high temperature refractory materials and products from mullite-siliceous fibers for liming of melting and heat aggregates permits to increase efficiency, essentially energy costs on making of production in different field of industry. The advantages and examples of application such refractories of Ukraine and Russia were showed.

## Анотація

В. Л. Мазур, А. І. Рябов, В. В. Мазур

### Енергозбереження, теплоізоляція, «м'які» вогнетриви

Застосування високотемпературних вогнетривких матеріалів і виробів із мулітокремнеземистого волокна для футерівки плавильних теплових агрегатів дозволяє підвищити їх продуктивність, істотно зменшити енергетичні витрати на виробництво продукції в різних галузях промисловості. Показані переваги і приклади використання таких вогнетривів на підприємствах України та Росії.

## Ключевые слова

Промышленность, теплосбережение, теплоизоляция, футеровка, муллитокремнеземистое волокно, производственный опыт

УДК 621.746.32

А. В. Пашенко (ОАО «Алчевский металлургический комбинат»)

## Выбор типа теплоизолирующих смесей и разработка технологии утепления зеркала металла в стальковше в условиях ОАО «АМК»

Современная технология разлива стали, особенно при использовании МНЛЗ, выдвигает задачу снижения тепловых потерь металла во время его нахождения в сталеразливочном ковше в процессе выдержки и разлива. Известно, что шлак на поверхности металла имеет недостаточные теплоизоляционные свойства, приводит к

освещены вопросы выбора типа и отработки технологии использования теплоизолирующих смесей разного химического состава

рефосфации и ресульфурации металла в ковше, вызывает повышенную эрозию футеровки в работе шлакового пояса. Поэтому необходима замена шлака инертной теплоизолирующей смесью [1].