

Д. т. н. С. М. Логвинков¹, д. т. н. Г. Н. Шабанова² (✉), д. т. н. А. Н. Корогодская²,
к. т. н. В. Н. Шумейко², к. т. н. О. Н. Борисенко¹

¹ Харьковский национальный экономический университет,
г. Харьков, Украина

² НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина

УДК 666.762.2.017:620.186]:662.741.041

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАСА В ПРОКАЛОЧНЫХ ПЕЧАХ КОКСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Представлены результаты исследований изменений фазового состава и структуры динасовых огнеупоров в эксплуатационных условиях при коксовании углей. Причинами наблюдавшихся изменений являются различия в температурах и скоростях охлаждения/нагрева динаса при циклических загрузках/выгрузках коксующего материала, а также условия контакта огнеупора с эксплуатационной средой, степень и характер механических нагрузок в разных зонах кладки коксовых печей. Отмечены закономерности и особенности организации макро- и микроструктуры в сочетании с формирующимся фазовым составом динасового огнеупора в разных зонах кладки коксовой печи. Установлено, что критических изменений для целостности материала динасовых изделий в микроструктуре и фазовом составе не выявлено, что подтверждает дальнейшую эксплуатационную пригодность таких изделий в условиях их испытаний на стендовой установке опытно-промышленного производства.

Ключевые слова: коксовая печь, футеровка, динасовые огнеупоры, эксплуатационная пригодность.

ВВЕДЕНИЕ

Кокс является одновременно и основным видом топлива, и сырьевым компонентом железистых сплавов — чугуна. Удельная теплотворная способность кокса выше, чем у наиболее метаморфизированных антрацитов углей, что предопределяет его применение для повышения полезного объема металлургических агрегатов выплавки чугуна. Кокс получают в процессе обогащения твердых горючих ископаемых (на основе спекающихся углей) и другого углеводородного сырья нагреванием без доступа воздуха (пиролизом) до 900–1150 °С в печных камерах при двухстороннем подводе тепла от греющих стен с более высокой температурой. Конечными продуктами коксования углей являются: твердый целевой остаток — кокс, коксовый газ, каменноугольная смола и сырой бензол. Сопутствующие продукты коксования подвергаются улавливанию и дальнейшей переработке в ценные химические продукты (нафталин, фенол, пиридиновые основания и др.), а также используются в качестве вторичных энергетических ресурсов. Важнейшей особенностью коксования

углей является двухстороннее перемещение нестационарного теплового потока от поверхностей печных стен к осевой плоскости загрузки шихты (в том числе включающей специально отформованные брикеты) с ее объемным разбуханием и перемещением пластического слоя в направлении движения температурного поля. Нестационарность при этом обусловлена непрерывным изменением теплофизических характеристик коксующей шихты из-за выделения парогазовых продуктов, изменений плотности, вещественного состава и микроструктуры компонентов. Это обстоятельство важно для анализа возможных повреждений и конструкторских расчетов футеровки при механических нагрузках на отопительные стенки и соответствующих нормальных и изгибающих деформаций (наряду с нагрузками от загрузочных вагонеток, усилий коксовыталивания и др.).

Для повышения эффективности коксового производства печные камеры конструктивно объединяют в блок батарей и дополняют регенераторами (чаще двумя). Традиционным огнеупором для отопительных стен и верхней части регенераторов является динас, так как он обладает лучшими характеристиками при высоких температурах по сравнению с шамотными огнеупорами, которые также массово используются в других конструктивных элементах футеровки коксовых печей [1–6]. Огнеупорное производство для коксовых батарей выпускает специ-



Г. Н. Шабанова
E-mail: gala-shabanova@ukr.net

альные марки динаса в связи с ограничениями на возможность использования традиционных железосодержащих минерализаторов, обуславливающих требуемый уровень перерождения кварца в полиморфные модификации — тридимит и кристобалит. Для коксового динаса в большей мере используют кальцийсодержащие модификаторы. По техническим требованиям разные марки коксового динаса незначительно различаются. Представление об их характеристиках демонстрируют динасовые огнеупоры марки КД-2 (ТУ У 322-7-00190503-125-97, Красноармейский динасовый завод): содержание SiO_2 не менее 94 мас. %, кажущаяся плотность менее 2,35 г/см³, открытая пористость 19–23 %, предел прочности при сжатии более 30 МПа, температура начала деформации под нагрузкой 0,2 МПа выше 1620 °С, остаточное расширение при 1450 °С менее 0,3 %. Типичный фазовый состав таких огнеупоров включает в основном γ -тридимит (44–48 мас. %), β -кристобалит (38–42 мас. %), β -кварц (2,5–3,5 мас. %) и стеклофазу (9–11 мас. %).

В последние годы активно пересматриваются конструкторско-технологические решения не только в коксовом производстве, но и в производстве динаса. В частности, разрабатываются новые составы минерализаторов, методы их введения в шихту (например, в виде шликера), условия и температурный режим обжига (типичные максимальные температуры 1410–1420 °С), характеристики шихты и условия прессования (типичное давление прессования ~50 МПа), возможности расширения сырьевой базы (например, переход от кварцитов Овручского месторождения к кварцитам более медленно перерождающимся и с пониженной огнеупорностью или, напротив, к быстро перерождающимся кварцитам Кировоградского, Антоновского месторождения и др.) [7]. Соответственно, требуются исследования в направлении определения изменений фазового состава и структуры динасовых огнеупоров в эксплуатационных условиях, что и являлось целью настоящей работы.

ОБРАЗЦЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследовали образцы экспериментальных динасовых изделий, которыми футерованы камеры коксования прокалочной печи опытно-промышленной установки производства кокса. Образцы плоскопараллельной формы толщиной 15–20 мм были выпилены из исходного динасового кирпича (образец *И*) и из различных зон кладки камеры коксования по ее высоте: зоны спекания коксовых брикетов с рабочими температурами 600–800 °С (образец *С*), зоны полукоксования с рабочими температурами 750–900 °С (образец *П*) и зоны коксования с рабочими температурами 900–1150 °С (образец *К*).

Структурные особенности поверхностей и сколов образцов исследовали в отраженном свете под оптическим микроскопом МИК-1. Петрографические исследования выполняли в прозрачных шлифах и в порошковых препаратах на оптическом поляризационном микроскопе МИН-8 с использованием набора стандартных иммерсионных жидкостей ИЖ-1. Прозрачные шлифы готовили по методике, описанной в статье [8], отбирая пробы от исследуемых образцов с двух концов — со стороны наиболее видоизмененной (рабочей зоны) и противоположной стороны (наименее измененной зоны). Порошковые препараты готовили из соответствующих проб образцов, растирая их корундовым пестиком в корундовой ступке до полного прохода через стандартное сито № 0063. Из этих же порошков готовили средние пробы и их параллельно исследовали на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3М в Cu K_α -излучении (трубка 2БСВ28Cu, диапазон 10^{-3} имп/с, метка 2θ — 1 град, диапазон съемки в пределах значений двойных брэгговских углов (2θ) от 5 до 55 град, скорость бумажной ленты 600 мм/ч, скорость детектора 1 град/мин, напряжение 28 кВ, ток 18 мА; для режимов прецизионных съемок в интервале $2\theta = 20\div 24$ град напряжение 35 кВ, ток 20 мА).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Макроструктура образца *И* при визуальном осмотре и изучении в отраженном свете является типичной для динасовых огнеупоров: поверхностный слой (<0,3 мм) имеет бурый цвет, каверны и поры визуально не наблюдаются; далее от поверхности цвет меняется от бурого к темно-серому, заметны округлые поры (до 0,5 мм) и отдельные каверны (до 1,5 мм). Центральная часть образца выглядит более плотной с неравномерно распределенными включениями белого цвета округлой (до 1,5 мм в поперечнике) и реже изометричной формы (до 3,5 мм). Наиболее вероятно, что эти включения являются результатом сухого метода внесения комовой извести (минерализатора) в шихту при недостаточном контроле степени ее помола и гомогенизации сырьевых компонентов при производстве динаса. Поверхность среза при 200-кратном увеличении выглядит неравномерно пористой, много пронизаемых пор с преобладающим размером около 0,1 мм, сливающихся иногда в более крупные. Характер пор извилистый, огибающий крупные частицы (до 3 мм) и отдельные плотные агрегаты более мелких частиц. Различные частицы можно отнести к трем типам:

1 — слагающие матричную фазу от светло-до темно-серых, имеющих стекловидный блеск контуров;

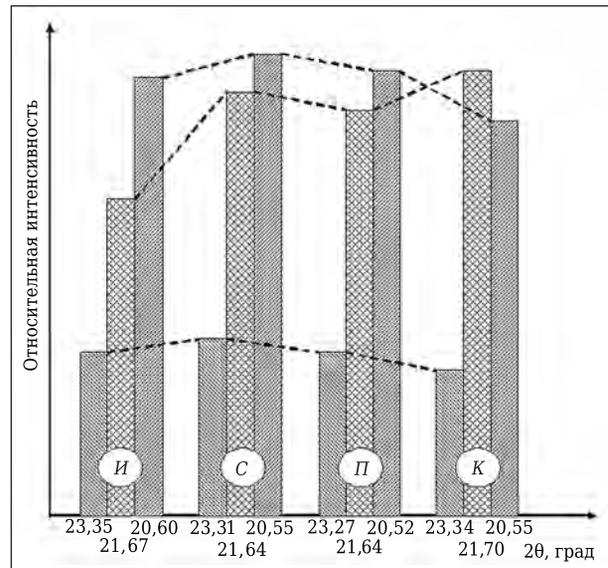
2 — распределенные по всему объему образца в виде коричневато-бурых вкраплений с преобладающим размером 0,05 мм;

3 — мелкодисперсные агрегаты белого цвета, покрывающие внутреннюю поверхность крупных пор и каверн и не наблюдающиеся в контакте с частицами второго типа.

Незначительные различия наблюдаются в образце *С*. В центральной части бурые включения часто образуют сростки, перемежающиеся со сростками серой матричной фазы. При 200-кратном увеличении фиксируются контакты агрегатов мелкодисперсного белого вещества с частицами бурого цвета. В образце *П*, напротив, бурых включений наблюдается значительно меньше. Реже встречаются в образце *П* и агрегаты белого вещества, которые в отдельных зонах приобретают характерный кристаллический блеск и «проникают» в серое матричное вещество, придавая ему более светлый оттенок. В образце *К* бурых включений (до 0,04 мм) также мало, как и в образце *П*, но белого вещества много (без кристаллического блеска) и оно локализовано в значительном количестве в поровом пространстве, как в образце *И*.

Основной кристаллической фазой в усредненных пробах каждого из образцов является γ -тридимит. При первоначальном режиме рентгенофазового анализа фиксируются основные дифракционные максимумы γ -тридимита и слабо-разрешимые (на уровне фоновой интенсивности) рефлексы (2θ , град/межплоскостное расстояние d , нм): образец *И* — 47,00/0,1933; 37,86/0,2376; 27,96/0,3191; 25,40/0,3506; образец *С* — 53,58/0,1710; 43,22/0,2093; 35,20/0,2550; 27,90/0,3198; образец *П* — 47,06/0,1931; 35,88/0,2502; 30,35/0,2944; 29,30/0,3480; 27,90/0,3198; 19,26/0,4608; присутствуют также вторичные рефлексы β -отражений: 19,50/0,4552 и 18,45/0,4810; образец *К* — 56,38/0,1632; 51,38/0,1778; 47,00/0,1933; 35,85/0,2505; 30,60/0,2921; 30,35/0,2945; 27,90/0,3197; 19,36/0,4584. Для идентификации кристаллических фаз по дифракционным максимумам выполнена прецизионная съемка этих же проб с предварительной детализацией дифрактограмм в интервале двойных брэгговских углов $2\theta = 24$ град, позволяющая отметить искажения кристаллической решетки γ -тридимита по наиболее интенсивным рефлексам (см. рисунок).

Немонотонное изменение интенсивностей основных дифракционных максимумов γ -тридимита (см. рисунок) указывает на разный характер деформаций и изменение параметров его кристаллической решетки. Кроме того, первый из указанных дифракционных максимумов во всех образцах расщеплен ($2\theta \sim 23,0$ град), что свидетельствует о влиянии других фаз, присутствующих в материале проб, на изменение интенсивности рефлексов и возможную маскировку фаз из-за наложения рефлексов с близкими значениями 2θ . Действительно, в режиме прецизионной съемки в пробе образца *И* идентифицируются гематит α - Fe_2O_3 (стандартные



Соотношение относительной интенсивности основных дифракционных максимумов γ -тридимита в исследуемых образцах

характерные d [7], нм: 0,269_x, 0,169₆ и 0,251₅) с несколько различающимися параметрами кристаллической решетки ($2\theta/d$) 35,20/0,2549; расщепленный из-за наличия близкого 2θ -рефлекса γ -тридимита (35,20/0,2549), а также менее характерный дифракционный максимум 31,80/0,2814 α - Fe_2O_3 . Кроме того, в пробе *И* присутствует дифракционный максимум 25,90/0,3440, близкий к характерному для псевдоволластонита α - CaSiO_3 (0,197_x, 0,323_в, 0,280₆ и 0,342₂ нм [9]). Другие дифракционные максимумы псевдоволластонита маскируются присутствием γ -тридимита с близкими значениями рефлексов. Недостаточно надежно также по одному дифракционному максимуму можно различить β -кварц (26,74/0,3334) и β -кристобалит (31,40/0,2849). На дифрактограммах проб других образцов также присутствуют рефлексы, позволяющие отнести их к гематиту, псевдоволластониту, β -кварцу и β -кристобалиту. Вопросы о количественном соотношении этих фаз в пробах разных образцов и о степени искаженности их кристаллических решеток в рамках выполненных рентгенофазовых исследований решить невозможно из-за их меньшего содержания в материалах проб, деформированности кристаллических решеток и значительного маскирующего влияния γ -тридимита. Следует отметить также наличие очень незначительного гало на дифрактограммах, что свидетельствует о малом присутствии аморфной стеклофазы во всех исследованных образцах. Кроме того, можно предположить тенденцию увеличения содержания γ -тридимита и β -кристобалита в ряду проб образцов *И-С-П-К*.

Петрографические исследования наименее измененной зоны образца *И* показывают, что

материал условно можно представить участками наполнителя и связующей массы. Участки наполнителя близки к овальной форме (длина, мм: 2,0/(0,8–1,5), где в числителе — максимальный диапазон, в знаменателе — диапазон преобладающих размеров структурных элементов)*. Участки состоят из β -кристаллита, метастабильного и бесструктурного метакристаллита и β -кварца (указаны в порядке убывания количественного содержания в фазовом составе). При этом β -кварц концентрируется в центральной части участков наполнителя, что указывает на его реликтовый характер (сохранился из-за незавершенности процессов перерождения). Зерна β -кварца угловатые, часто трещиноватые, размерами до 0,3 мм и в участках наполнителя (<0,5 мм) кварц не наблюдается. Показатели преломления β -кварца близки к стандартным [10] и изменяются в периферийной области из-за присутствия оболочки из метакристаллита (до 20–60 мкм) вокруг зерен β -кварца. Метакристаллитовая оболочка прорастает зернами β -кристаллита, слагающего чешуйчатые агрегаты (до 10–60 мкм) и плотно контактирующего со связующей массой. Связующая масса состоит из γ -тридимита, мелкодисперсных силикатов и оксидов железа. Частицы γ -тридимита имеют псевдогексагональный габитус и представлены призматическими кристаллами (60×120)/(20×40–40×80 мкм), часто с копьевидными двойниками срастания. Силикаты представлены короткопризматическими зернами (до 100 мкм), сложенными бесцветными зернами псевдоластанита α -CaSiO₃ и желтыми зернами пироксенов диопсид-геденбергитового ряда (CaMgSiO₃–CaFeSi₂O₆). Стеклофаза бесцветная и светло-желтая. Встречаются округлые и овальные поры в связующей массе. Преимущественный размер таких пор до 100 мкм.

В рабочей зоне образца *И*, сформировавшейся в ходе обжига динасового изделия, фазовый состав примерно такой же, как в наименее измененной зоне. Толщина рабочей зоны 8–11 мм. Участки наполнителя также состоят из β -кристаллита, метакристаллита и β -кварца, но имеются различия в микроструктуре. Характерные участки наполнителя имеют размеры 1,2/0,4–0,8 мм, частицы β -кристаллита составляют более плотные чешуйчатые агрегаты (до 120 мкм), а размер трещиноватых и угловатых зерен β -кварца составляет не более 80 мкм. В приповерхностной части рабочей зоны (толщиной 1,5–3,5 мм) участки наполнителя почти полностью тридимитизированы, размеры кристаллов γ -тридимита до 20×40 мкм. Связующая представлена призматическими кристаллами

γ -тридимита размерами (100×200)/(30×80)–(60×160) мкм. Силикаты сосредоточены в частицах размерами до 80 мкм, а стеклофаза имеет цвет от бесцветной до светло-зеленой. В связующей массе встречаются округлые и овальные поры размерами до 240 мкм в диаметре.

Наименее измененная зона образца *С* состоит из участков наполнителя овальной формы (2,0/(0,8–1,6) мм) связующего. Наполнитель представлен трещиноватыми зернами β -кварца (до 180 мкм), вокруг которых имеются оболочки метакристаллита толщиной до 40 мкм, находящиеся в контакте с чешуйчатыми агрегатами (диаметром до 80 мкм) зерен β -кристаллита. Контакт участков наполнителя со связующей массой плотный, в связующей отмечаются поры размерами до 160 мкм преимущественно овальной формы. Связующее представлено призматическими кристаллами γ -тридимита ((200×360)/(20×40–40×100) мкм), зернами силикатов размерами не более 160 мкм (псевдоластанит и пироксены диопсид-геденбергитового типа) и бесцветной, иногда светло-желтой стеклофазы.

Рабочая зона образца *С* мало отличается от рабочей зоны исходного динаса. Отличия наименее измененной зоны образца *П* от аналогичных зон образцов *И* и *С* лишь в размерах участков наполнителя (1,6/(0,6–1,2) мм), призматических кристаллов γ -тридимита ((30×60)/(10×20–20×40) мкм) с более часто встречающимися копьевидными двойниками срастания. Метакристаллит образует вокруг зерен β -кварца оболочки толщиной до 40 мкм. Зерна силикатов имеют аналогичный фазовый состав и представлены призматическими кристаллами длиной до 100 мкм, размер пор в связующей не более 120 мкм. В рабочей зоне образца *П* участки наполнителя овальной формы (0,8/(0,3–0,6) мм) представлены преимущественно γ -тридимитом с призматическими кристаллами (до 16×48 мкм). Кварц в рабочей зоне не отмечается, а β -кристаллит присутствует в подчиненном количестве по отношению к γ -тридимиту. В связующей γ -тридимит является также основной фазой, размеры призматических кристаллов (160×400)/40×120–80×240 мкм. Зерна силикатов имеют диопсид-геденбергитовый состав и слагают дендритовидные агрегаты (до 80 мкм). Стеклофаза бесцветная и светло-желтая, встречаются поры размерами не более 200 мкм.

Участки наполнителя в наименее измененной зоне образца *К* овальной формы размерами 1,0/(0,4–0,6) мм. Преимущественно они представлены призматическими кристаллами γ -тридимита размерами (32×80)/(10×20–20×40) мкм, в подчиненном количестве присутствуют чешуйчатые зерна β -кристаллита (до 30 мкм) и трещиноватые зерна β -кварца (до 80 мкм) с оболочками метакристаллита толщиной до 20 мкм. В связующей также много γ -тридимитовых

* Подобная форма записи будет использоваться в дальнейшем.

призматических кристаллов размерами (160×500)/40×120–100×240) мкм, имеются дендритовидные агрегаты силикатов размерами (20/50–100) мкм и стеклофазы, в которой встречаются поры (до 200 мкм). Рабочая зона толщиной до 3–4,5 мм имеет однородное строение и состоит преимущественно из призматических кристаллов γ -тридимита размерами (200×400)/(40×100–100×240) мкм, дендритовидных агрегатов силикатов (до 100 мкм) и стеклофазы. В приповерхностной части рабочей зоны толщиной 0,1–0,3 мм в кристаллах γ -тридимита имеется сетка микротрещин с шагом 10–20 мкм, заполненных силикатами.

Анализ результатов петрографических исследований позволил оценить количественное соотношение фаз в разных зонах всех образцов динасовых огнеупоров (см. таблицу). Следует отметить также, что по результатам петрографических исследований не отмечены отложения сажистого углерода в поровом пространстве ни одной из исследованных проб образцов. Это практически исключает возможность протекания реакции, катализируемой в присутствии оксидов железа и ведущей к понижению прочности динаса из-за разрыхления структуры: $2CO \rightleftharpoons CO_2 + C$.

Обобщая результаты проведенных исследований, следует подчеркнуть отсутствие критических для целостности материала динасовых изделий изменений в микроструктуре и фазовом составе. Причинами наблюдавшихся изменений являются различия в температурах и скоростях охлаждения/нагрева динаса при циклических загрузках/выгрузках коксующего материала, а также условия контакта огнеупора с эксплуатационной средой, степень и характер механических нагрузок в различных зонах кладки коксовых печей.

Для обеспечения эксплуатационной надежности и длительности службы футеровки важной представляется тенденция изменения фазового состава в направлении снижения суммарного содержания β -кварца и β -кристобалита за счет повышения содержания γ -тридимита (особенно для образцов К, работающих в зоне максимальных температур (см. таблицу)). В со-

ответствии с такой тенденцией следует ожидать менее существенных сжимающих напряжений в материале при охлаждении, так как β -кварц обуславливает наиболее значимое уменьшение объема (~ 6 %), β -кристобалит — примерно на 5 %, а γ -тридимит — только примерно на 3,5 %. Более того, такой характер перекристаллизации β -кварца и β -кристобалита в γ -тридимит должен благоприятно сказываться на термостойкости, огнеупорности и температуре начала деформации динаса под нагрузкой. При этом небольшое увеличение количества стеклофазы в более термонагруженных образцах динаса (см. таблицу) свидетельствует, скорее, об интенсификации образования твердых растворов диоксид-геденбергитового типа (т. е. криптокристаллической фазы, а не расплава) за счет рационального содержания и вида минерализующих компонентов при производстве динасовых огнеупоров. Высокотемпературные характеристики в таких случаях могут снизиться мало (на 30 °С [2]) и не лимитируют эксплуатационной пригодности динаса в любых зонах кладки коксовых печей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованные закономерности и особенности организации макро- и микроструктуры в сочетании с формирующимся фазовым составом динасового огнеупора в разных зонах кладки коксовой печи не выявили в них критических изменений после 30 коксований и подтверждают дальнейшую эксплуатационную пригодность таких изделий в условиях их испытаний на стендовой установке опытно-промышленного производства. Изменения структуры и фазового состава исследуемых образцов динаса обусловлены особенностями полиморфизма SiO_2 , условиями рекристаллизации гетерофазного материала и коалесценции пор при циклических нагревах и охлаждениях кладки коксовой печи при загрузках и выгрузках коксовой шихты. Явных признаков деградации структурной целостности, нарушающей общность зерен наполнителя со связующей массой и их плотный контакт, не наблюдалось. Не отмечалось и значительного разрыхления, вспучивания или ноздреватости

Содержание фаз в исследуемых образцах

Образец	Зона, толщина	Содержание фаз, об. %				
		β -кварц	β -кристобалит и метакристобалит	γ -тридимит	силикаты	стеклофаза
И	Наименее измененная	1–3	23–28	52–62	8–13	4–6
	Рабочая, 8–11 мм	~ 1	15–20	60–70	8–13	4–6
С	Наименее измененная	~ 1	17–22	63–73	5–10	5–7
	Рабочая, ~ 16 мм	Следы	10–15	66–76	8–13	5–7
П	Наименее измененная	1–3	30–35	46–56	5–10	4–6
	Рабочая, не измерялась	~ 1	23–28	54–64	8–13	5–7
К	Наименее измененная	<1,0	28–33	49–59	8–13	3–5
	Рабочая, 3–4,5 мм	Отсутствует	Не определяли	73–83	12–17	6–8

материала образцов из-за активного восстановления оксидов железа с осаждением в порах сажающего углерода. На исследованных образцах не было известковых выплавок и крупных железистых пятен, а изменения окраски согласуются с известной тенденцией слабой миграции

оксида СаО-содержащих фаз вглубь материала изделия, из которого были выпилены образцы. Вышеизложенные результаты исследований не налагают ограничений на дальнейшую проверку эксплуатационной надежности динаса в анализируемых условиях коксового производства.

Библиографический список

1. **Кашеев, И. Д.** Химическая технология огнеупоров / И. Д. Кашеев, К. К. Стрелов, П. С. Мамыкин. — М. : Интернет Инжиниринг, 2007. — 752 с.
 2. **Аксельрод, Л. М.** Огнеупоры для промышленных агрегатов и топок. Книга 2. Служба огнеупоров / Л. М. Аксельрод, Г. И. Антонов, Е. Е. Грищенко [и др.] ; под ред. И. Д. Кашеева, Е. Е. Грищенко. — М. : Интернет Инжиниринг, 2002. — 656 с.
 3. **Алленштейн, Й.** Огнеупорные материалы. Структура, свойства, испытания : справочник / Й. Алленштейн, П. Барта, Х. Бартель [и др.] ; под ред. Г. Рочка, Х. Вутнау ; пер. с нем. И. Г. Очаговой. — М. : Интернет Инжиниринг, 2010. — 392 с.
 4. **Спирин, Ю. А.** Исследование метрологических характеристик стандартных образцов составов динаса и шамота при длительном хранении / Ю. А. Спирин, А. П. Никонова, Н. Н. Кончинко [и др.]. — Збірник наукових праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів імені А. С. Бережного». — 2006. — № 106. — С. 191–198.
 5. **Dohle, H.** Aufbau des Ofenbloks / Kokerei — Symposium in Charkov, Ukraine, 23–24.06.1993. — Veranstalter: UKRKOKS. — Vortrag № 4. — S. 1–20.
 6. **Булах, В. Л.** Изготовление динасовых изделий с использованием сухих минерализаторов / В. Л. Булах, И. В.

Хончик, А. Ф. Тонкушин, Т. П. Пушко // Огнеупоры. — 1993. — № 10. — С. 15, 16.
 7. **Мартыненко, В. В.** Исследование кварцитов Кировоградского месторождения с целью установления их пригодности для производства динасовых огнеупоров / В. В. Мартыненко, Л. А. Бабкина, И. В. Хончик [и др.] // Збірник наукових праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів імені А. С. Бережного». — 2012. — № 112. — С. 79–86.
 8. **Логвинков, С. М.** Электрокинетические и микроструктурные особенности гидратации портландцемента в присутствии добавок в воде затворения / С. М. Логвинков, В. Н. Шумейко, А. Н. Корогодская, А. О. Нагорный // Вісник НТУ «ХПІ». — № 35 (1207). — 2016. — С. 14–24.
 9. **ASTM.** Diffraction data cards and alphabetical and grouped numerical index of X-ray diffraction data. — Philadelphia, 1977. — 880 p.
 10. **Винчелл, А. Н.** Оптические свойства искусственных минералов / А. Н. Винчелл, Г. Винчелл. — М. : Мир, 1967. — 526 с. ■

Получено 07.10.19
 © С. М. Логвинков, Г. Н. Шабанова,
 А. Н. Корогодская, В. Н. Шумейко,
 О. Н. Борисенко, 2020 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



ICR International Colloquium on Refractories

63-й Международный коллоквиум по огнеупорам 2020 «Огнеупоры для высокотемпературных технологий»

16–17 сентября 2020 г.

г. Аахен, Германия

Тематика коллоквиума включает следующие разделы:

- Сталь
- Чугун
- Цветные металлы
- Цемент
- Стекло
- Керамика
- Химия и нефтехимия
- Производство энергии
- Защита окружающей среды и переработка отходов

www.ic-refractories.eu