

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 666. 712 622.17

ВИРОБНИЦТВО КЕРАМІЧНИХ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ НИЗЬКОЇ ЩІЛЬНОСТІ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ ФЛОТАЦІЇ ВУГІЛЛЯ

В.С. Гвоздь, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Проведений аналіз технологічних параметрів виробництва керамічної цегли та каменів методом напівжорсткого формування на основі відходів флотації кам'яного вугілля.

Постановка проблеми. Використання відходів флотації вугілля у ролі добавки до краснобурих глин та суглинків гідрослюди-монтмориллонітового типу забезпечує зниження чутливості сировинної суміші до сушки та адгезію до метала в такій мірі, що появляється можливість формування пустотілих виробів.

Відходи гравітаційного збагачення вугілля на усіх стадіях метаморфізму подрібнені до 3мм, доцільно використовувати як добавку до полімінеральних глин, які переважно складаються із гідрослюди і мають високу чутливість до сушки. Наразі збільшується коефіцієнт внутрішнього тертя, знижується чутливість до сушки і розширюється інтервал спікання керамічного черепка. Кількість подрібнених відходів гравітаційного збагачення може досягати 30-50%.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За кордоном відходи вуглезбагачення застосовують у виробництві поруватих заповнювачів цегли та цементу. У Франції відходи, які вміщують до 5% органічного вуглецю, застосовують у ролі сировини для виробництва цегли. Відома технологія переробки відходів вугледобування та вуглезбагачення, розроблена в Угорщині, яка також використовується у Польщі, Великобританії, Турції та Бельгії. Цегла виготовляється з вуглевідходів або із суміші вуглевідходів та глини по традиційній технології. Наразі витрати технологічного палива знижуються на 80% у випадку використання тільки відходів вугледобування і на 50% при використанні суміші глини і вуглевідходів. Міцність цегли складала 30 МПа і 12 МПа відповідно.

Мета роботи. Дослідження технології виробництва керамічної цегли на основі відходів вуглезбагачення методом флотації різних шахтоуправлінь.

Виклад основного матеріалу досліджень. По хімічному і мінералогічному складам відходи флотації близькі до традиційної глинистої сировини і мають хороші технологічні властивості. Наявність в них коагулянтів і флотореагентів (поверхньо- активних речовин) надає хороші формувальні і сушильні властивості. Проте для використання відходів флотації, як основної сировини, потрібне підсушування їх до формувальної вологості 18-20%, яка уперше у вітчизняній практиці була здійснена на ЦОФ " Чумаковська" шляхом обезводнення відходів на фільтр-пресах до

вологості 25%,а далі сушили у барабані діаметром 2.8 і довжиною 14 м з насадним пристроєм для розпушування. Висушені відходи флотації мали вологість 8-16%.

Інститутом "УкрНИИУглеобогащения" розроблені рекомендації по підсушуванню відходів флотації, початкова вологість яких після фільтр-преса повинна складати 25-27%, кінцева -10-12%, кількість випарованої води - 10 т/ч при витраті тепла приблизно 4187 кДж/кг. Продуктивність і розміри сушильного барабана визначаються об'ємом відходів на цій фабриці. Рух матеріалу і теплоносія - прямооточне, температура теплоносія перед барабаном 700-800⁰С, перед димососом - 120-150⁰С. Перед сушильним барабаном встановлюють двохвальний змішувач, а сам барабан оснащують ланцюгами для розпушування відходів і системою пиловловлювання. Висушений продукт - це суміш окатишів розміром 3-15 мм і вологістю 8-10% та великих грудок овальної форми діаметром 30-50 мм і вологістю 14-16%. Перед введенням в сировинну суміш окатиші і грудки розминають і перемішують.

При застосуванні відходів флотації без добавок переробка суміші дещо спрощується: відходи з сушильного барабана завантажують в запасник, звідки подають на переробку у валки тонкого помелу, глиномішалку з решіткою, що фільтрує, і прес. Якщо у ролі добавки використовується глина, в технологічну лінію включають бігуни мокрого помелу, а якщо суглинки або мелені відходи гравітаційного збагачення, то ці бігуни можуть бути замінені двохвальним змішувачем.

При дослідженні технологічних параметрів одержання виробів на основі відходів флотації ЦОФ " Комендантська" на заводі №1 Луцького заводу управління будматеріалів їх завантажували в ящиківий подавач і пропускали послідовно через валки грубого і тонкого помелу та двохвальний змішувач, де вони додатково зволожувалися.

Для виготовлення виробів на основі відходів флотації найбільш прийнятний пластичний спосіб формування на стрічкових пресах, оскільки і відходи мають високу початкову вологість. Будучи метаморфічним матеріалом, вони відрізняються від глин нижчим вмістом адсорбційної води, тому щільна упаковка часто досягається при значно меншій вологості відносно максимальної молекулярної вологоємності; яка змінюється в залежно-

сті від ступеню метаморфізму порід і складає: для відходів збагачення антрацитів 11-11,8%; пісного вугілля 11,5-12%; жирного - 12-12,5%; газового - 12,5-13%; довгополум'яного -13-14%. Робоча вологість формовочної суміші на основі відходів флотації 15-23%. Вироби можна формувати як з вакуумуванням, так і без нього.

Сировинні суміші на основі відходів флотації мають сприятливі для сушки усадкові і вологов-

ровідні властивості. Чутливість їх до сушки складає 0.5-4%. На рис.1 представлені криві сушки відходів флотації ЦОФ "Комендантська" з усадкою 1.75%. Усадка закінчується при вологості 8%, але при вологості 15% інтенсивність її зменшується. Крива вологовіддачі – це майже пряма лінія, що говорить про хороші вологопровідні властивості відходів флотації.

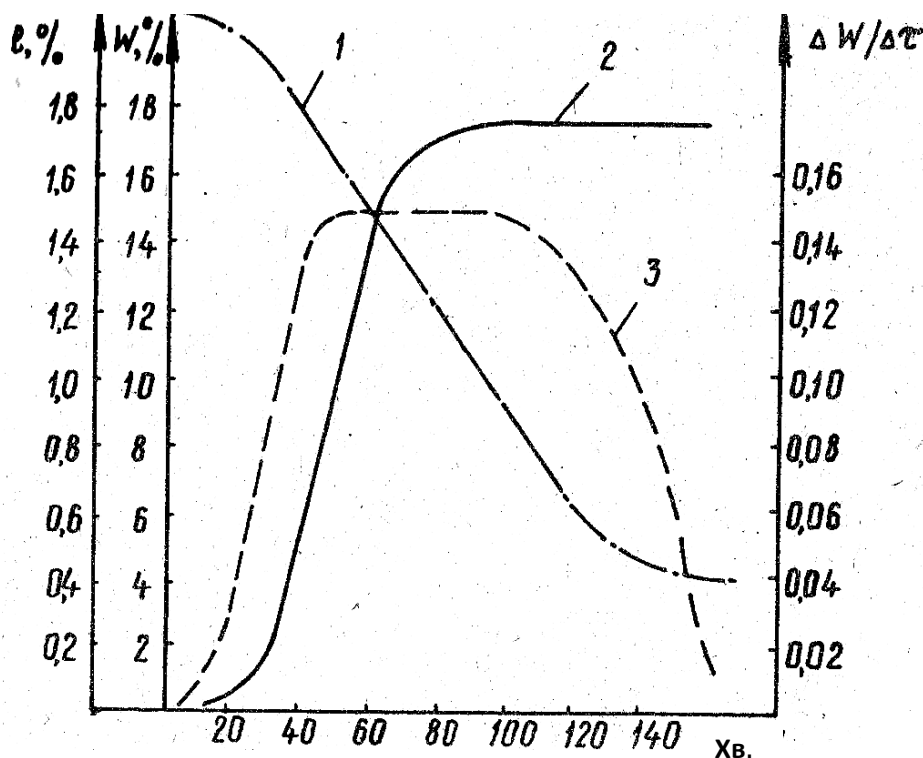


Рис.1. Криві сушки зразків з відходів флотації ЦОФ "Комендантська" при постійній температурі:
1-вологовіддачі; 2-усадка; 3-швидкість вологовіддачі.

Вироби з відходів флотації сохнуть швидше, ніж з глинистої сировини. Усадка їх не перевищує 4% (в деяких випадках 1-2%), причому в інтервалі вологості від 20 до 15% вона сповільнюється і стає можливою інтенсифікація процесу сушки. Вологість, відповідна кінцю усадки виробів з відходів, у 1,5 рази менше, ніж з глини, що дозволяє інтенсифікувати процес сушки, проте існуючі конструкції конвективних сушилок не дають можливості використовувати ці властивості відходів. На підставі результатів досліджень розроблений режим сушки виробів з відходів флотації - тривалістю 6 год., середня швидкість 2,6% год., наразі вироби висихають без дефектів до залишкової вологості 6%.

Виробнича перевірка режиму сушки здійснювалася в однорядній швидкісній сушильці СМК - 183 заводу № 9 ВО "Перемога" м. Санкт-Петербург. Теплоносієм служила суміш гарячого повітря із зони охолодження тунельної печі, атмосферного повітря і рециркуляція з сушилок. У першій зоні температура теплоносія була 40 °С, в

другій - 100, і третій - 140 °С. Тривалість сушки складала 7 год, повітряна усадка - 4%, залишкова вологість - 5%. Після сушки камені не мали сушільних дефектів, міцність їх при стискуванні (1,78 МПа) була вище, ніж виробів з кембрійської глини[1].

Параметри сушки виробів з відходів флотації були визначені в сушилках тунельного типу на заводі № 1 Луцького заводууправління будматеріалів, Очеретінському заводі будівельних матеріалів і Карловському цегельному заводі. Тривалість сушки цегли і каменів складала 24-32 год, температура теплоносія на вході в сушилку - 80 °С, на виході - 30 °С, відносна вологість відпрацьованого теплоносія 85%. Таким чином, для сушки виробів з відходів флотації прийнятні сушилки будь-якого типу (камерні, тунельні, конвеєрні однорядні з форсованим режимом) при тривалості сушки 6-60 год. і в режимах, прийнятих для даного типу сушильного агрегату. (див. рис.1)

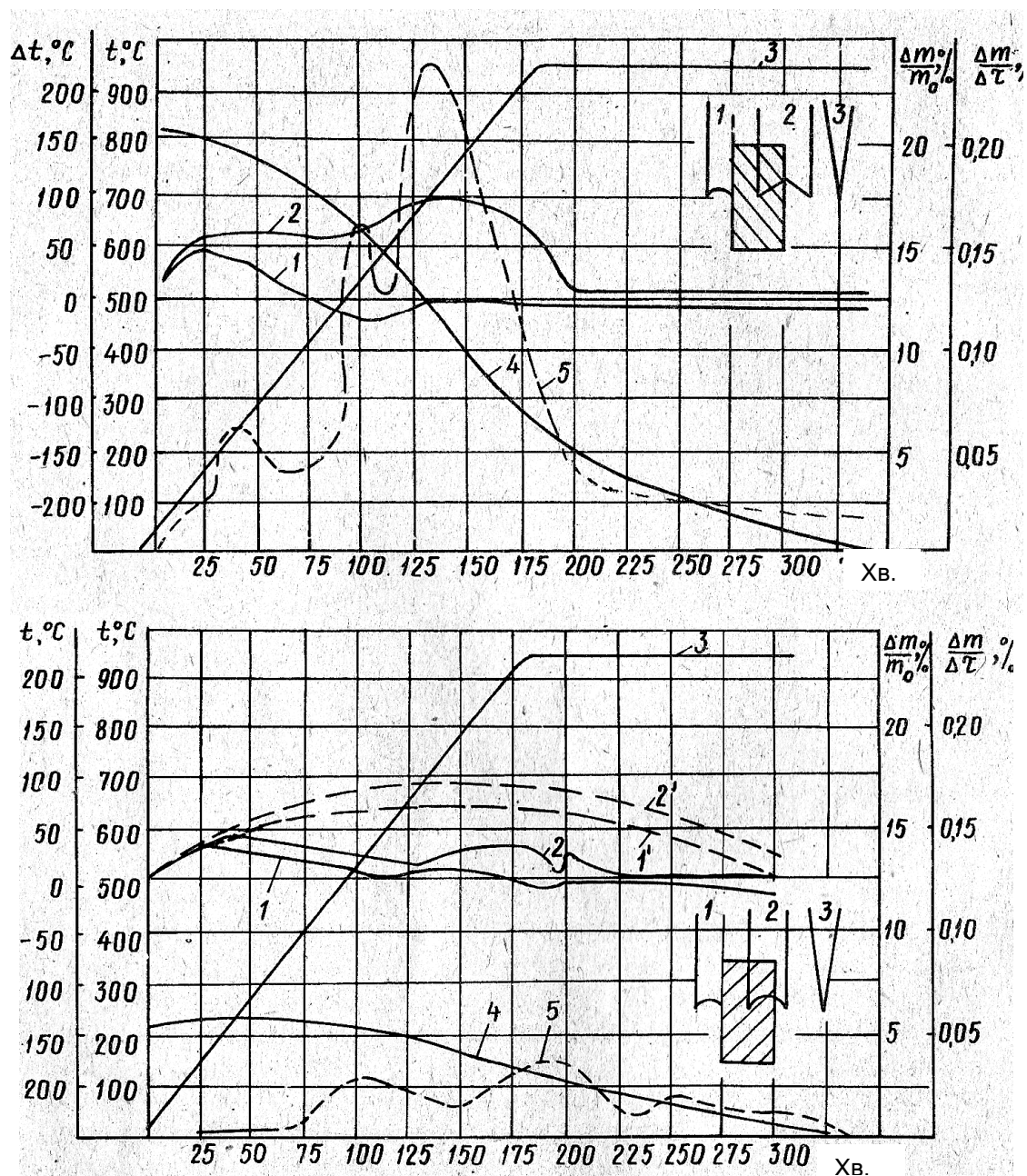


Рис.2. Диференційні криві нагріву (1,2), масоутримання (4) і швидкості втрати маси (5) необпаленого (а) і обпаленого (б) зразків з відходів флотації ЦОФ "Комендантська": 1-2 – повторний нагрів обпаленого зразка; 3 – температура печі.

Наявність великої кількості вуглецю у відходах флотації вимагає розробки спеціального режиму випалення [2-4]. Кінетика процесів, що відбуваються у виробках з відходів флотації, пов'язаних з фазовими і хімічними перетвореннями, на які накладаються процеси горіння вуглецю, представлена на рис. 2,3. Після нагріву до 300 °С на поверхні виробу запалюється вуглець. І по мірі розвитку реакції його горіння перепад температури між поверхнею і серединою набуває негативного значення, тобто вироби віддають тепло назовні. Потім внаслідок реакцій дегідратації глинистої речовини, що починаються також на поверхні, але які рухаються до центру виробу значно швидше за процеси горіння, цей перепад стає

меншим із-за ендотермічного ефекту. При температурі близько 700 °С дегідратація закінчується (перегин диференційної кривої різниці температур між серединою і центром), перепад температури між поверхнею виробу і центром зменшується і тепло як і раніше виділяється назовні. У зв'язку з компенсуючим впливом теплових ефектів в обпалюваних виробках не виникає великих температурних перепадів.

Режим випалення виробів має бути таким, щоб тепло, що виділяється, максимально використовувалося при випаленні, а надмірне тепло відбиралося б для побутових і технологічних потреб, не допускаючи при цьому перепаду і зварів виробів. Вигорання палива повинне закінчувати-

ся до періоду, коли вироби втрачають пористість. Якщо до моменту спікання матеріалу процес горіння не закінчений, гази, що утворюються при згоранні вуглецю, і які створюють підвищений тиск у середині виробу, можуть викликати його деформацію і сприяти утворенню тріщин.

Повне вигорання вуглецю спостерігається в зразках, обпалених в інтервалі температур 900-1000 °С, тоді як при температурі 1050 °С він не вигорає, що пояснюється появою значної кількості рідкої фази, закупоркою пор і припиненням доступу кисню. Отже, для повного вигорання вуглецю у виробках з відходів флотації потрібна ізо-

термічна витримка в інтервалі температур 900-1000 °С. Тривалість процесу вигорання вуглецю для модельного зразка визначальним розміром 5 см складає 6 год.

Характер вигорання вуглецю у відходах з різним його вмістом практично однаковий, незалежно від ступеню метаморфізму породи і марки вугілля в ній. Швидкість вигорання вуглецю залежить від вмісту кисню в пiчній атмосфері і підвищується із зростанням кількості останнього до 11%. При подальшому збільшенні вмісту кисню в атмосфері печі помітного збільшення швидкості вигорання вуглецю не спостерігається.

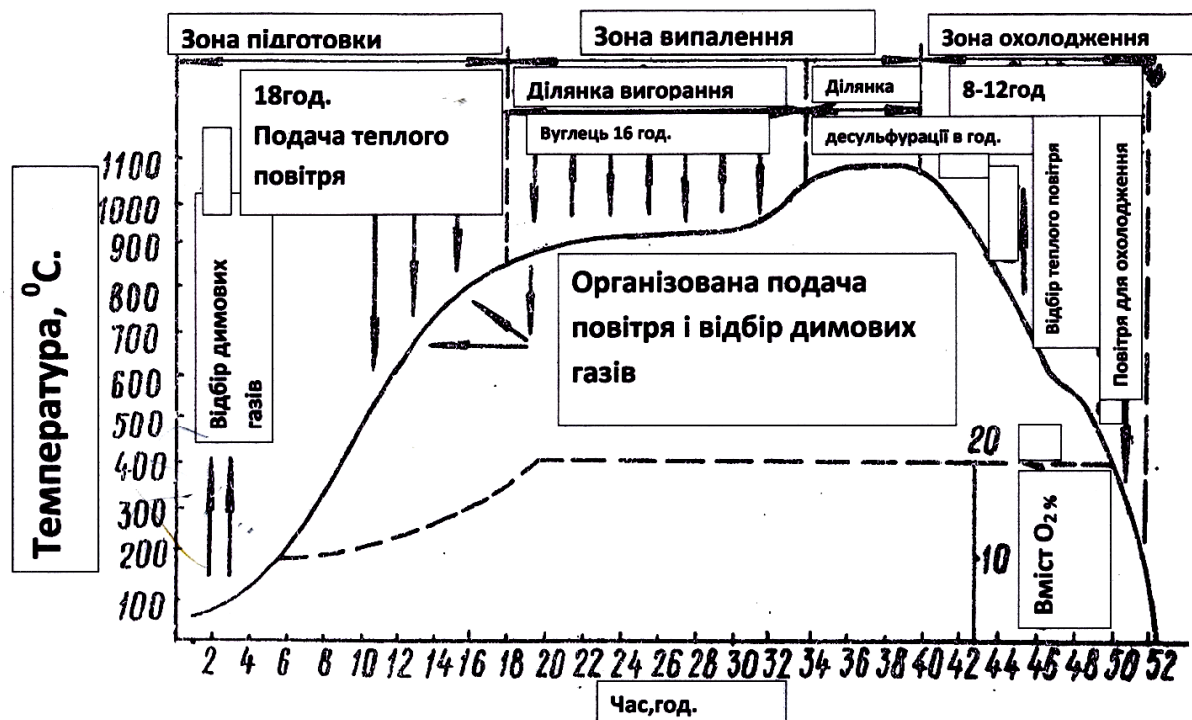


Рис.3. Температурна крива випалення виробів з відходів флотації ЦОФ "Комендантська"

Спеціальними розрахунками показано, що при швидкості нагріву 56 °С/год. розподіл температури у виробках, що знаходяться на поверхні пакету садки і в його середині, буде практично ідентичним. Ця швидкість прийнятна для виробів з відходів флотації з 20% вуглецю, проте при більш високому вмісті останнього, швидкість нагріву виробів слід зменшити. При вказаній вище швидкості нагріву виробів температура випалення не перевищує максимально допустиму, але вона більше оптимальної температури вигорання вуглецю у виробках. Тому при завершенні ендотермічної реакції дегідратації глинистої речовини, коли тепло, що виділяється в результаті горіння, вже не витрачатиметься в ендотермічному процесі (це відповідає 850 °С середовища або 900 °С матеріалу), необхідно робити відбір надмірного тепла, подаючи холодніше повітря над кожним

пакетом садки і відбираючи його на рівні череня вагонетки [1].

Дослідженнями в напівпромислових та промислових умовах установлено, що тривалість вигорання вуглецю у виробках садки можна збільшити до 24 год, при відборі надмірного тепла в перші 6 год. ізотермічної витримки. Взагалі відбір цього тепла ефективний у перші 16 год. ізотермічної витримки, оскільки надалі процес горіння вугілля у внутрішніх шарах садки дуже сповільнюється, кількість тепла, що виділяється, незначна і подальше охолодження недоцільне (див. рис.2) [4].

Характеристики виробів, одержаних з відходів флотації ЦОФ «Комендантська» і «Чумаковська», висушених і обпалених по вказаних вище режимах представлені в таблиці.

Таблиця 1

Склад суміші	Зольність відходів флотації, %	Механічна міцність, МПа		Середня щільність, кг/м ³	Водопоглинання, %	Теплопровідність, Вт/(м.К.)	Морозостійкість, циклів
		при стисканні	при вигині				
Відходи флотації ЦОФ "Комендантська"-100%	75	13.8	2.5	1130	19	0.31	Більше 25
	78	14.4	2.8	1159	16.8	0.33	
	60	5.2	1.5	800	30	0.23	
Теж 70%, пісний суглинок 30%	75	20.2	7.56	1250	16.2	0.38	Більше 25
Відходи флотації ЦОФ "Комендантська", 60%, відходів гравітаційного збагачення фракції 13 мм - 40%	75	19.1	7.65	1200	14.2	0.35	Більше 25
Відходи флотації ЦОФ "Чумаковська", 100%	62	5.4	1.8	850	28.5	0.28	Більше 25
Теж 50%, запісочений суглинок 30%, легкоплавка глина, 20%	62	23.2	3.22	1700	12.4	Не знаходилась	Більше 25
Теж 80%, легкоплавка глина, 20%	60	12.5	2.8	1000	30	0.33	Більше 25

Випалення виробів з відходів флотації здійснювалося в тунельній печі (ширина каналу 4,7 м, довжина 157 м, включаючи форкамеру), складеної зі збірних елементів з жаростійкого бетону. На відміну від інших обпалювальних агрегатів в ній є зона вигорання надмірного палива при температурах, нижче температури формування черепка. Передбачена можливість регулювання режиму випалення багатократним вдуванням холоднішого повітря. У зоні підготовки на позиції 7 з обох боків змонтовані високотемпературні циркуляційні вентилятори, які відбирають димові гази з нижньої частини робочої камери печі і подають їх у верхню частину. На позиціях 5-6 і 8-9 встановлені повітряні завіси. У разі різкого підвищення температури холодне повітря з цеху вентилятором подається через отвори у склепінні печі.

Зона вигорання вуглецю займає 25 позицій. Підтримка заданої температури в ній забезпечується подачею вентиляторів холоднішого повітря над кожним пакетом садки через спеціальні трубки в склепінні печі. Надмірне тепло у вигляді димових газів з температурою близько 900 °С відбирається на кожній позиції через спеціальні стояки в стінах печі і спрямовується на утилізацію в котлах - утилізаторах і на підсушування гранульованих відходів флотації.

У зоні випалення нагрівання до температури 1050 °С для завершення формування черепка здійснюється за рахунок додаткового спалювання мазуту. Регулювання температури автоматичне від імпульсу регулюючої термопари.

Зона охолодження ділиться на три ділянки: інтенсивного, уповільненого і остаточного охолодження.

У зоні гартування, де середовище окислювально-відновне або відновне, пар або вода подаються розосереджено на чотирьох позиціях в області температури 1050 °С. [рис. 3]

НДІ «Южгипростромом» розроблена конструкція печі, в якій передбачена зона вигорання вуглецю з додатковою подачею повітря і відбором надмірного тепла. Тривалість випалення 60-72 год, ізотермічної витримки для вигорання вуглецю 24 год. Оптимальна температура випалення 1050-1060 °С. Середовище зони ізотермічної витримки сильно окислювальне.

Розроблені пропозиції по повній переробці 500 тис.т відходів флотації ЦОФ "Комендантська", що передбачають випуск порожнистих керамічних каменів у кількості 60 млн. шт. ум. цегли на рік і 300 тис.т підсушених паливних добавок. Усе тепло для підсушування добавок відбирається з тунельних печей, а при установці котлів-утилізаторів одночасно виходить пар, який може бути використаний вуглезбагачувальною фабрикою. Розрахунковий економічний ефект при цьому складає 3,52 млн.грн. на рік.

Висновки: Проведені дослідження принципіальної можливості використання відходів вуглезбагачення методом флотації для виробництва керамічної цегли. Розроблені технологічні параметри одержання керамічної цегли та керамічних каменів. Виявлені фізико-хімічні особливості теплотехнічного процесу обпалення виробів на основі вуглевідходів флотації. Проведені дослідження щодо оптимізації процесу термічної обробки виробів. Підібраний комплект технологічного обладнання для виробництва керамічної цегли на різних цегельних заводах.

Список використаної літератури:

1. Виговская А.П. Исследования температурного состояния керамических материалов из отходов флотации в процессе нагрева // строительные материалы, изделия и санитарная техника,- Киев: Будивельник 1985.-вип.8.-С.5-7.

2. Бондаренко С.И. Исследование и разработка параметров технологического процесса изготовления строительной керамики с использованием отходов / С.И. Бондаренко, В.И. Михайлов // строительные материалы, изделия и санитарная техника, - Киев: Будивельник 1987.-вип.10.-С.2-4.
3. Ралков А.В. Обжиг строительной керамики из отходов флотации углей / А.В. Ралков, А.П. Виговская // строительные материалы и конструкции.-1984.-№4.-С.19-20.
4. Ралков А.В. Численный анализ температурного состояния материала в процессе обжига керамики из углесодержащего сырья / А.В. Ралков, А.П. Виговская // промышленная теплотехника.-1986.-Т.8.-№1.С.62-65.

Проведенный анализ технологических параметров производства керамического кирпича и камней методом полужесткого формования на основе отходов флотации каменного угля.

Conducted analysis of technological parameters of production of ceramic brick and stones by the method of the semi-rigid forming on the basis of wastes of flotation of anthracite coal.

Дата надходження в редакцію: 12.04.12 р.

Рецензент: д.т.н., професор Філатов Л.Г.

УДК 691.328

ЦЕМЕНТНО-ПОЛИМЕРНЫЙ БЕТОН С КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ

В.С. Гвоздь, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

В.В. Душин, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Д.Б. Романенко, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

А.И. Сема, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Для целей возведения конструкций повышенной ответственности и длинномерных изгибаемых элементов исследуется возможность применения различных добавок в бетоны для корректировки их физико-механических и прочностных свойств.

Постановка проблемы и формулировка

целей статьи. Многие ответственные железобетонные сооружения - резервуары, градирни, башни, большепролетные конструкции - необходимо возводить из специальных высокопрочных, водонепроницаемых и трещиностойких бетонов, обладающих малой усадкой, высокой коррозионной стойкостью и обеспечивают пассивность арматуры. Это в не меньшей степени касается возведения конструкций с использованием составных и би-бетонных балок. Эффективный способ достижения таких свойств - применение химических добавок, особенно комплексных, обладающих полифункциональным действием.

Изложение основного материала. Исследовали комплексные добавки - водорастворимую эпоксидную смолу ДЭГ-1 с электролитом - ННК и ННХК. Такое сочетание позволяет суммировать и усилить положительный эффект, оказывал бетон на каждой из добавок: улучшить удобоукладываемость смесей, прочность на сжатие и растяжение при изгибе, получить водонепроницаемость при давлении 1,8 - 2 МПа бетоны, в 1,5-2 раза повысить долговечность при воздействии мороза и растворов солей и, наконец, существенно замедлить коррозию арматуры.

Бетон - конструкционный, в принципе хрупкий материал, работающий под большими нагрузками, должен обладать упругой деформативностью, поэтому основная проблема заклю-

чается в повышении пределов трещиностойкости.

Бетонные образцы-призмы размером 100 x 100 x 400 мм на кратковременную нагрузку осевого сжатия испытывали согласно инструкции. На каждой ступени нагрузки измеряли увеличение упругих и пластических деформаций - продольных и поперечных, а также засекали время прохождения через образец ультразвукового импульса. По результатам испытаний бетона в воздушно - сухом и водонасыщенном состоянии, видно, что добавки, особенно комплексные, значительно снижают деформации при одинаковых напряжениях осевого сжатия. Так, в бетоне, содержащий 2% ДЭГ-1 или 1% ДЭГ-1 +2% ННК, продольные деформации, вызванные напряжениями сжатие. Наряду с повышенной сопротивляемостью развития линейных деформаций сжимающим нагрузкам бетоны с комплексными добавками отличаются повышенным статическим модулем упругости Эст и прочностью R_{ар}). Введение в бетон добавок ДЭГ-1, ДЭГ-1 + ННК и ДЭГ-М + ННХК повышает R_{ар} соответственно на 24, 38 и 63%, так как формируется более плотная и прочная структура бетона. Вода в насыщенных образцах по-разному влияет на рост поперечных и продольных деформаций. При одинаковом сжимающей нагрузке в водонасыщенных образцах всех составов наблюдается большее развитие поперечных деформаций по сравнению с образцами в воздушно-сухом состоянии. При на-