

алу із глини при проходженні теплоносія через пористу структуру зразка, значно інтенсифікується, незважаючи на незначну величину вільного об'єму виробу на початку сушіння.

Аналіз кінетичних залежностей показує, що процес фільтраційного сушіння протікає як у першому, так і у другому умовному періодах. Однак, на відміну від капілярно-пористих матеріалів, другий умовний період довготривалий у часі і значний за кількістю вологи, яка випарувалась, що свідчить про значний вплив внутрішньої дифузії на кінетику сушіння і через незначну пористість об'єкту.

Основним питанням, яке вивчалось при запропонованому методі є якість висушеного об'єкту. Слід відзначити що при вказаних режимах виникають мікротріщини, кількість і розмір яких, крім температурних параметрів залежить від товщини матеріалу. Виникнення тріщини можна пояснити зональним механізмом фільтраційного сушіння. У даному випадку незворотні деформації виникають на границі розділу сухого і вологого шарів матеріалу. З метою усунення вказаного недоліку фільтраційного сушіння цегли використаний метод створення штучної пористості, який дає змогу зменшити утворення тріщин і підвищити якість висушеного об'єкту.

У теперішній час є кінетика фільтраційного сушіння виробів із глини при високих відносних вологостях і незначних температурах, що надає змогу, як показує досвід, значно зменшити утворення тріщин.

УДК 66.047

*Проф. Я.М. Ханік, д-р техн. наук; інж. В.М. Кузьма;
інж. І.М. Ільків – НУ "Львівська політехніка"*

ОСОБЛИВОСТІ СУШІННЯ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ СТВОРЕННІ ПЕРЕПАДУ ТИСКІВ ЗА РАХУНОК РОЗРІДЖЕННЯ

Представлено результати експериментальних досліджень гідродинаміки та кінетики сушіння дисперсних матеріалів фільтраційним методом за рахунок розрідження.

*Prof. Ya.M. Khanyk; eng. V.M. Kuzma;
eng. I.M. Ilkiv – NU "L'vivs'ka politekhnikha"*

Features of drying of dispersion materials at creation of overfill of tisciv due to dilution

In the article the results of experimental researches of hydrodynamics and kinetics of drying of dispersion materials by a filtratsiynim method due to dilution are represented.

Постановка питання. Сушіння дисперсних матеріалів незначних розмірів $d < 5$ мкм є складною проблемою, оскільки процес пов'язаний із складністю очистки газового потоку, якщо виводиться із сушильної зони, від твердої фази.

Така дрібнодисперсна тверда фаза утворюється при спалюванні палива в різних теплогенераторах. Дрібнодисперсні продукти горіння забруднюють навколишнє середовище, оскільки після їхнього відділення від димових газів мокрими методами їх викидають у "відвали". Водночас вони можуть застосовуватись, як наповнювачі, при виготовленні різних матеріалів, зокрема при ви-

робництві цементу. Але відповідно до технологічних вимог дрібнодисперсний наповнювач повинен мати низьку вологість, тобто його необхідно сушити.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз різних методів сушіння дав змогу зробити висновок про те, що найбільш придатними для сушіння вказаного дрібнодисперсного матеріалу є метод сушіння в щільному шарі, який виключає винесення дрібнодисперсної фази в навколишнє середовище і забезпечує рівномірність процесу сушіння по площині шару. Дослідження проводились за різних температур ($60-100^{\circ}\text{C}$) і у діапазоні перепадів тисків $0,2-0,8 \text{ кгс/см}^2$. Як показали дослідження гідродинаміки, висушуваний дрібнодисперсний матеріал під дією перепадів тисків здатний до ущільнення, що веде до зменшення вільного об'єму і зростання гідравлічного опору шару матеріалу та зменшення швидкості руху теплоносія крізь пористу структуру.

Гідродинаміка тісно пов'язана з кінетикою сушіння. Для досягнення значних швидкостей сушіння необхідно забезпечити високу інтенсивність підведення тепла у зону сушіння. А це можливо досягнути при високих швидкостях руху теплоносія через шар, що може досягатись при значних перепадах тиску, які обумовлюють ріст витрати енергії.

У даному випадку інтенсивність підведення тепла у зону сушіння при певному перепаді тисків залежить від висоти шару дрібнодисперсного матеріалу. Тому на першому етапі досліджень стояло завдання вивчення впливу висоти шару матеріалу на кінетику і гідродинаміку сушіння при створенні перепаду тисків за рахунок розрідження.

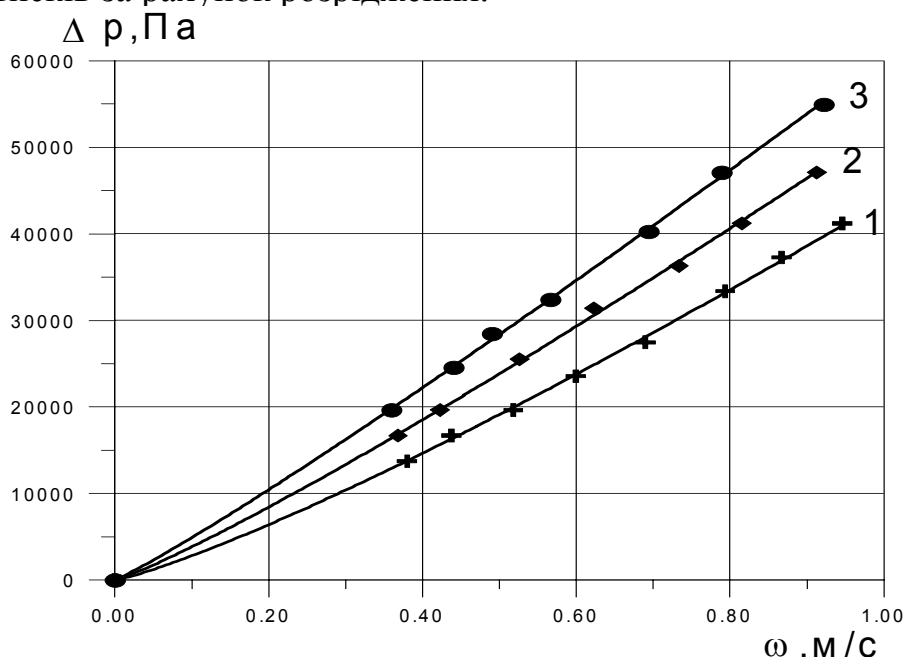


Рис. 1. Залежність гідравлічного опору сухого матеріалу від швидкості руху теплоносія для різних висот H , м: 1 – $H=11 \cdot 10^{-3}$ м; 2 – $H=20 \cdot 10^{-3}$ м; 3 – $H=32 \cdot 10^{-3}$ м

Результати дослідження шару зернистого сухого матеріалу показують, що зміна швидкості і товщини шару істотно впливають на його гідравлічний опір. Результати досліджень гідродинаміки сухого матеріалу представлені на рис. 1, із яких випливає, що гідравлічний опір шару досліджуваного дисперсного матеріалу у діапазоні висот $H = (11 \div 32) \cdot 10^{-3}$ м практично прямо-пропорційний швидкості руху через нього теплоносія.

Так, при збільшенні швидкості з 0,4 м/с до 0,8 м/с (крива 1) гідравлічний опір зростає з $14 \cdot 10^3$ Па до $32 \cdot 10^3$ Па. Збільшення висоти шару, наприклад, при швидкості 0,8 м/с, з $11 \cdot 10^{-3}$ м до $32 \cdot 10^{-3}$ м гідравлічний опір зростає з $32 \cdot 10^3$ Па до $49 \cdot 10^3$ Па. Подальше збільшення висоти шару веде до зміни характеру росту гідравлічного опору залежно від зміни швидкості руху теплоносія і товщини шару Н.

Результати дослідження кінетики за $t=86^\circ\text{C}$ і $\Delta P_c=44145$ Па і різних висот шару представлені на рис. 2-4.

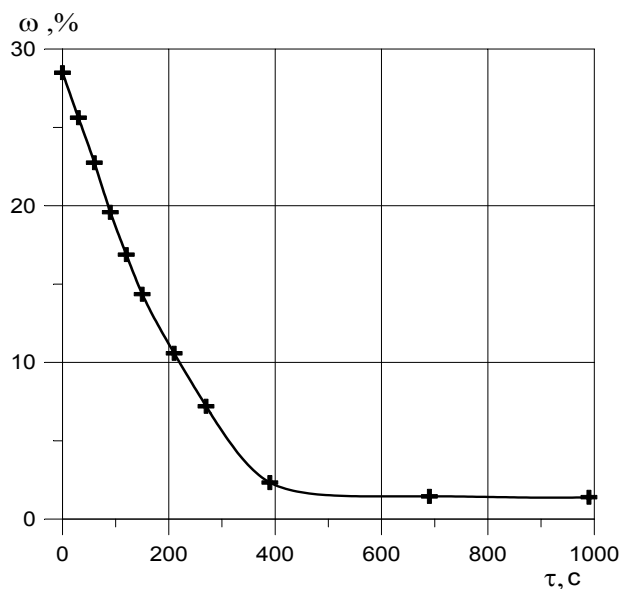
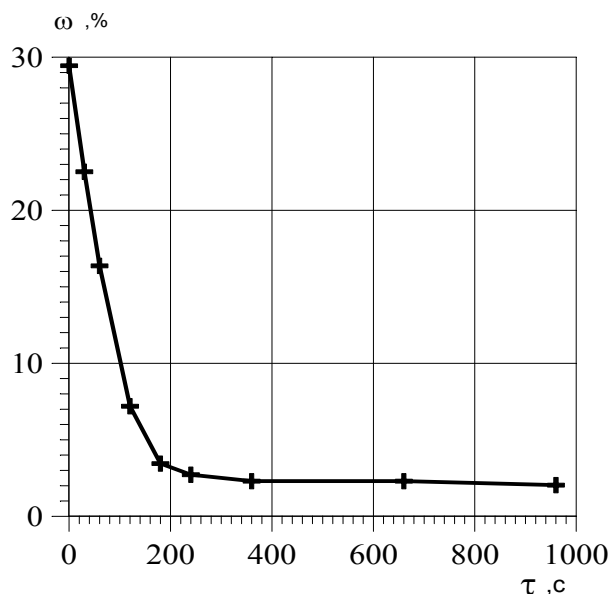
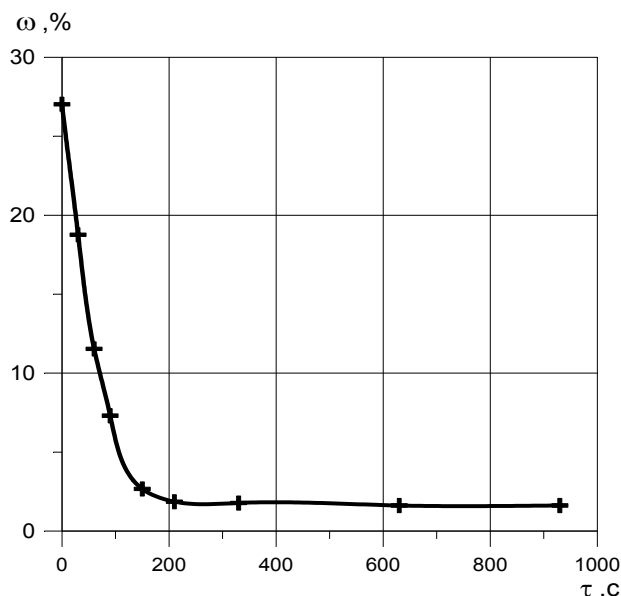


Рис. 2. Кінетика процесу сушіння при $\Delta p_c=44145$ Па; $t_{сер}=86^\circ\text{C}$; $H=17 \cdot 10^{-3}$ м

Рис. 3. Кінетика процесу сушіння при $\Delta p_c=44145$ Па; $t_{сер}=86^\circ\text{C}$; $H=27 \cdot 10^{-3}$ м

Рис. 4. Кінетика процесу сушіння при $\Delta p_c=44145$ Па; $t_{сер}=86^\circ\text{C}$; $H=40 \cdot 10^{-3}$ м

Кінетична крива сушіння характеризується як першим, так і другим умовними періодами. Основна кількість вологи матеріалу зменшується від 28-30 % до 7-8 %, зростання товщини шару з $17 \cdot 10^{-3}$ м до $40 \cdot 10^{-3}$ м призводить до зменшення швидкості сушіння з 0,18 до 0,08 %/с. Тобто товщина шару збільшилась у 2,3 раза, а швидкість сушіння у першому періоді зменшилась у 2,25 раза, тобто у вказаному інтервалі зміни вологості збільшення товщини шару обернено пропорційне до зміни швидкості сушіння у першому умовному періоді.

Висновок. Дослідження показують, що з кінетичної, енергетичної технологічної точок зору вибір оптимальних режимів буде пов'язаний із такими параметрами: швидкістю руху теплоносія, перепадом тисків, висотою шару зернистого матеріалу і температурою теплового агенту.

УДК 66.044

*Аспір. О.М. Креховецький; доц. В.П. Дулеба,
канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"*

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ РОБОТИ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ РОЗМІРОМ 5×185 М

Розглянуто шляхи покращення теплової роботи обертової печі 5×185 м для випалу цементного клінкеру.

Doctorate O.M. Krechovetsky; doc. V.P. Duleba – NU "L'vivs'ka politekhnika"

Analysis of affectivity of thermal work of rotation furnace 5×185 m

In article consideration the way improvement thermal work rotation furnace 5×185 m for bake cement clinker.

Постановка питання. Цементний клінкер випалюють в пічних агрегатах. Найчастіше використовуються пічні агрегати з обертовими печами. Широке застосування таких агрегатів обумовлене їх високою продуктивністю, можливістю використовувати різне технологічне паливо, надійністю експлуатації та простотою обслуговування. У цементній промисловості в Україні традиційно з часів СРСР випалювався цементний клінкер в обертових печах мокрим та сухим способом. Мокрий спосіб дає змогу готувати сировинну суміш у вигляді шламу шляхом тонкого подрібнення сировинних компонентів із водою. Вологість шламу залежить від складу сировинних компонентів і перебуває в межах 35-45 %.

Під час мокрого способу випалу цементного клінкеру питомі теплові затрати на випал становлять 6300-6500 кДж/кг клінкеру. Під час сухого способу сировинні матеріали попередньо висушують, і весь процес приготування сировинної муки проводять в сухому стані. Вологість сировинних компонентів, які подаються в піч на випал, сягає коло 10 %, а питомі теплові затрати на випал цементного клінкеру – 3400-3700 кДж/кг клінкеру.

На сьогодні припинено проектування та будівництво на цементних заводах України печей мокрого способу випалу, а існуючі печі мокрого способу випалу піддаються модернізації з метою зменшення витрати енергоносіїв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що не існує результатів досліджень, які дали б змогу однозначно дати рекомендації з модернізації існуючих обертових печей для випалу цементного клінкеру. Поряд з тим, потреба у вдосконаленні існуючих печей мокрого способу випалу клінкеру є актуальною проблемою.

Постановка завдання. У 90-х роках минулого століття на ВАТ "Миколаївцемент" були побудовані і випускали цементний клінкер дві обертові печі мокрого способу виробництва розміром 5×185 м паспортною продуктив-