

В.Г. САЛЬНИК, канд. техн. наук, докторант;

В.А. СВІДЕРСЬКИЙ, докт. техн. наук, проф.;

Л.П. ЧЕРНЯК, докт. техн. наук, ст. наук. співроб., НТУУ «КПІ

ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНІ ТА ДИСПЕРСНІСТЬ СИРОВИННИХ МАТЕРІАЛІВ ЯК ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ГЛИНИСТИХ СИСТЕМ

Наведено результати досліджень глинистих суспензій різного хіміко-мінералогічного складу та визначено ступінь впливу властивостей поверхні та дисперсності компонентів на структурно-механічні, реологічні та литтєві характеристики.

The results of studies of clay suspensions with different chemical and mineralogical composition are given. The degree of influence of surface properties and dispersion of the components on the structural and mechanical, rheological and casting properties is identified.

Вступ.

В сучасній технології кераміки використовуються шлікерні маси – водні дисперсні системи, що відрізняються складом, властивостями та концентрацією частинок дисперсної фази, складом і властивостями дисперсійного середовища. Коагуляційні структури таких мас мають загальні основні ознаки, проте суттєво різняться за показниками структурно-механічних та технологічних властивостей.

Аналізу факторів впливу на процес коагуляційного структуроутворення та властивості водних глинистих систем, що застосовується в сучасній технології кераміки, присвячена дана робота.

1. Дисперсність дослідних глин і каолінів.

Постійне розширення сировинної бази діючих підприємств пов'язане з певними змінами характеристик глин і каолінів, що застосовуються в технологічному процесі:

- створене на основі Веселовського рудника АТ «Веско» експлуатує Андрієвське родовище гідрослюдиисто-каолінітової глини і постачає для виробництва санітарної кераміки марки Веско-Екстра, Веско-Прима і Веско-Гранітик замість веселовської марок ВГО-1, ВГО-2 [1, 2];

- вдосконалення технології мокрого збагачення каолінів обумовлює зміни деяких показників властивостей КС-1;

- впровадження сучасного обладнання для лиття за рекомендацією іноземних компаній-постачальників супроводжується застосуванням нових марок глини і каолінів.

Об'єктами дослідження в даній роботі стали глини та каоліни родовищ України, що широко застосовуються в виробництві кераміки, а також глини та каолін родовищ Німеччини та Турції, що застосовуються провідними європейськими виробниками та ЗАТ «Славутський комбінат «Будфарфор» (табл. 1).

Таблиця 1

Дисперсність глини і каолінів

| Сировина | Вміст (%) фракцій частинок (мм) | | | | |
|--------------------------|---------------------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| | 1,00-0,06 | 0,06-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | менше 0,001 |
| Глина ПЛГ-1 | 3,72 | 0,18 | 1,25 | 6,25 | 88,60 |
| ДН-0 | 0,92 | 0,68 | 3,15 | 14,25 | 81,00 |
| Веско-Гранітик | 1,63 | 3,22 | 6,75 | 18,00 | 70,40 |
| Santon-L | 2,10 | 14,70 | 0,35 | 20,80 | 53,05 |
| ESBKA-2 | 0,45 | 21,70 | 13,40 | 28,70 | 35,75 |
| Каолін збагачений | | | | | |
| глуховецький КС-1 | 0,17 | 11,78 | 9,40 | 28,80 | 49,85 |
| просяньський КС-1 | 0,40 | 10,05 | 8,45 | 24,95 | 56,15 |
| Незбагачений | | | | | |
| обознівський К0-1 | 3,18 | 3,07 | 3,35 | 14,85 | 75,55 |
| глуховецький КССК | 62,38 | 7,62 | 3,00 | 9,85 | 17,15 |
| катеринівський Е2013 | 70,37 | 6,08 | 3,70 | 5,90 | 13,95 |
| німецький КІСК-2 | 0,18 | 38,17 | 25,35 | 25,05 | 11,25 |

Згідно кваліфікації ДСТУ Б В.2.7-60-97 по дисперсності за вмістом 70,4 – 88,6 мас. % тонкодисперсних частинок фракцій < 0,001 мм дослідні проби глини Ново-Райського, Веселовського (Андрійовського) родовищ Донбасу та Полозького родовища Запорізької області відносяться до групи високодисперсних.

При цьому проба Веско-Гранітик відзначається меншим (70,4 мас. %), а проба ПЛГ-1 (88,6 мас. %) найбільшим вмістом частинок < 0,001 мм. Загальний вміст частинок фракцій < 0,01 мм у вказаних пробах вітчизняних глини знаходиться на рівні 95,2 – 98,4 мас. %.

Глина Santon-2 за вмістом 53,1 мас. % тонкодисперсних частинок фракцій < 0,001 мм і 74,2 мас. % частинок фракцій < 0,01 мм відноситься до групи середньодисперсних. Глина ESBKA-2 за вмістом 35,75 мас. % частинок фракцій < 0,001 мм відноситься до низькодисперсних, а із 77,85 мас. % частинок фракцій < 0,01 мм до середньодисперсних.

Збагачені глуховецький і просянський каоліни типу КС-1 за вмістом 49,8 – 56,2 мас. % тонкодисперсних частинок фракцій < 0,001 мм належать до групи середньодисперсних, а за загальним вмістом 88,1 – 89,6 мас. % частинок фракцій < 0,01 мм – до високодисперсних. При цьому проба просянського КС-1 відзначається дещо більшим вмістом тонкодисперсних частинок. Проба незбагаченого обознівського каоліну КО-1 за вмістом 75,6 мас. % тонкодисперсних частинок фракцій < 0,001 мм і 93,8 мас. % частинок фракцій < 0,01 мм відносяться до групи високодисперсних.

Проба лужного незбагаченого каоліну КССК за вмістом 17,2 мас. % тонкодисперсних частинок фракцій < 0,001 мм і 30,0 мас. % частинок фракцій < 0,01 мм належить до групи низькодисперсних.

Проба лужного незбагаченого каоліну E2013 за вмістом 14,0 мас. % тонкодисперсних частинок фракцій < 0,001 мм і 23,6 мас. % частинок фракцій < 0,01 мм відноситься до групи грубодисперсних.

Проба каоліну КІСК-2 за вмістом 11,2 мас. % тонкодисперсних частинок фракцій < 0,001 мм належать до групи грубодисперсних, а за загальним вмістом 61,65 мас. % частинок фракцій < 0,01 мм – до середньодисперсних.

2. Властивості поверхні глинистої сировини.

Значний обсяг досліджень гідрофільності глин і каолінів показав, що остання багато в чому визначає їх фізико-хімічні та технологічні властивості [3 – 6]. Відзначається суттєва роль водневого зв'язку в процесі взаємодії між водою та поверхнею твердих фаз. Змочуваність водою пов'язується з кристалохімічною будовою твердих тіл, молекулярною природою поверхні і наявністю на ній таких активних центрів, що приєднують до себе молекули води за допомогою водневих зв'язків. Енергетична ненасиченість поверхневих молекул глинистих частинок зумовлює інтенсивне притягання молекул дисперсійного середовища з утворенням мономолекулярного шару води. Адсорбована вода першого молекулярного шару є зв'язаною і утримується найбільш міцно. Показано, що кількість зв'язаної води зростає пропорційно величині питомої ефективної поверхні. Вільною є вода, що іммобілізована в коагуляційній структурі.

Зниження сольватації частинок дисперсної фази та їх ефективної питомої поверхні обумовлює можливість зменшення в'язкості та здатності до тиксотропії, підвищення плинності глинистих систем.

Отже вихідні властивості поверхні сировинних компонентів необхідно враховувати при дослідженні та визначенні раціональних складів глинистих систем.

Як свідчать результати експериментів дослідна глиниста сировина суттєво відрізняється за властивостями поверхні частинок (табл. 2).

Таблиця 2

Властивості поверхні глинистих компонентів

| Назва проби | Змочування при натіканні | | Коефіцієнт ліофільності | Ефективна питома поверхня, м ² /г | |
|--------------------------|--------------------------|--------|-------------------------|--|--------|
| | вода | бензол | | вода | бензол |
| Глина | | | | | |
| полозька ПЛГ-1 | 0,070 | 0,133 | 0,529 | 51,11 | 25,62 |
| новорайська ДН-0 | 0,029 | 0,091 | 0,316 | 46,24 | 14,41 |
| Веско-Гранітик | 0,053 | 0,276 | 0,193 | 52,39 | 14,68 |
| Santon-L | 0,045 | 0,200 | 0,227 | 19,60 | 10,31 |
| ESBKA-2 | 0,092 | 0,485 | 0,190 | 57,20 | 22,50 |
| Каолін збагачений | | | | | |
| глуховецький КС-1 | 0,024 | 0,194 | 0,123 | 35,97 | 16,99 |
| просяньський КС-1 | 0,058 | 0,236 | 0,247 | 49,64 | 18,70 |
| Незбагачений | | | | | |
| обознівський К0-1 | 0,039 | 0,170 | 0,228 | 44,58 | 34,74 |
| глуховецький КССК | 0,061 | 0,145 | 0,418 | 19,86 | 14,30 |
| катеринівський Е2013 | 0,022 | 0,141 | 0,153 | 17,99 | 14,60 |
| німецький КІСК-2 | 0,147 | 0,802 | 0,183 | 30,74 | 18,19 |

Очевидно, що серед глин вітчизняних родовищ проба Веско-Гранітик при однаковій з ПЛГ-1 ефективній питомій поверхні (по воді) відрізняється показниками змочування при натіканні полярною (водою) і неполярною (бензолом) рідниною та згачно меншим коефіцієнтом ліофільності (0,193 проти 0,529).

Глина ESBKA-2 близька до Веско-Гранітик за показниками ефективної питомої поверхні та коефіцієнтом ліофільності, проте відрізняється суттєво більшими числами змочування при натіканні рідниною. Глина Santon-L при близьких до Веско-Гранітик числах змочування при натіканні рідниною та

коефіцієнта ліофільності відрізняється меншою ефективною питомою поверхнею.

Серед вітчизняних збагачених каолінів проба глуховецького КС-1 відрізняється від просянського КС-1 меншими числами змочування при натіканні рідиною, коефіцієнта ліофільності та ефективною питомою поверхні.

Проба КО-1 близька до просянського КС-1 за показниками коефіцієнта ліофільності та ефективною питомою поверхні (по воді).

Вітчизняні незбагачені лужні каоліни відзначаються серед інших проб каолінів найменшою ефективною питомою поверхнею (по воді). При цьому проба Е2013 відрізняється від КССК суттєво меншими числами змочування при натіканні водою та коефіцієнта ліофільності.

КІСК-2 при найбільших серед досліджених проб числах змочування при натіканні полярною (водою) і неполярною (бензолом) рідиною наближається за значеннями коефіцієнту ліофільності та ефективною питомою поверхні до глухо-вещького КС-1 та Е2013.

3. Коагуляційна структура водних глинистих систем.

Дослідження процесів коагуляційно-структуроутворення водних систем глинистих мінералів показали наявність виборчого зчеплення частинок по найбільш ефективним для певних умов контактам та внаслідок цього – побудова структури з значним або переважним числом контактів певного виду [7-9]. Дисперсність частинок визначає число контактів, форма і ступень руйнування – їх характер.

Проведений нами аналіз дозволив виявити особливості деформаційних процесів, що характеризують коагуляційне структуроутворення дослідних водних систем.

Встановлено, що суспензії ПЛГ-1 за розвитком швидкої еластичної ϵ_0' , повільної еластичної ϵ_2' та пластичної $\epsilon_1'\tau$ деформацій відносяться до III-го структурно-механічного типу, коли $\epsilon_0' > \epsilon_1'\tau > \epsilon_2'$, суспензії Веско-Гранітик і Santon-L відносяться до IV-го структурно-механічного типу, коли $\epsilon_1'\tau > \epsilon_0' > \epsilon_2'$. При цьому існує суттєва різниця в кількісних значеннях та співвідношенні різновидів деформації в залежності від концентрації дисперсної фази або вологості.

При приблизно однаковій концентрації дисперсної фази та вологості 67,5 – 70,0 мас.% водна система гідрослюдиисто-каолінітової Веско-Гранітик відрізняється від каолінітової ПЛГ-1:

- значно меншим розвитком швидкої еластичної деформації ϵ_0' – в 2,4 рази ($6,25 \cdot 10^8$ проти $14,92 \cdot 10^8$), що свідчить про меншу кількість в водній системі найбільш міцних контактів частинок типу кут-кут, кут-ребро, ребро-ребро;

- більшим розвитком повільної еластичної деформації ($2,91 \cdot 10^8$ проти $1,65 \cdot 10^8$), що вказує на відносно більшу кількість контактів частинок типу площа-кут, площа-ребро, площа-площина;

- значно більшим розвитком пластичної деформації $\epsilon_1' \tau$ - в 3,1 рази ($26,66 \cdot 10^8$ проти $8,47 \cdot 10^8$), що вказує на зменшення стійкості та поліпшенням плинності суспензії;

- за реологічними характеристиками - більшими умовною динамічною межею плинності R_{k_2} – в 1,8 рази (46,8 проти 25,2) та бінгамівською в'язкістю η_m^X ($0,057 \cdot 10^{-2}$ проти $0,023 \cdot 10^{-2}$).

При однаковій з ПЛГ-1 ефективній питомій поверхні менший вміст тонкодисперсних фракцій Веско-Гранітик обумовлює утворення в її суспензії меншого числа контактів, що проявляється в менших числах шведівської в'язкості η_1 та умовного модуля деформації E_ϵ , котрий визначає сили взаємодії частинок дисперсної фази.

При однаковій концентрації дисперсної фази та вологості 55,0 мас. % водна система Santon-L відрізняється від Веско-Гранітик:

- суттєво більшим розвитком швидкої еластичної деформації ϵ_0' – в 3,5 рази ($9,52 \cdot 10^8$ проти $2,68 \cdot 10^8$), що свідчить про більшу кількість в водній системі найбільш міцних контактів частинок типу кут-кут, кут-ребро, ребро-ребро;

- дещо більшим розвитком повільної еластичної деформації ($1,69 \cdot 10^8$ проти $1,53 \cdot 10^8$), що вказує на відносно більшу кількість контактів частинок типу площа-кут, площа-ребро, площа-площина;

- меншим розвитком пластичної деформації $\epsilon_1' \tau$ ($12,27 \cdot 10^8$ проти $14,02 \cdot 10^8$), що пов'язується з певним підвищенням стійкості суспензії;

- за реологічними характеристиками – суттєво меншими умовною динамічною межею плинності R_{k_2} – в 2,2 рази (34,8 проти 78,6) та бінгамівською в'язкістю η_m^X ($0,048 \cdot 10^{-2}$ проти $0,111 \cdot 10^{-2}$).

При порівнянні коагуляційних структур Веско-Гранітик і Santon-L більші числа в'язкості η_1 та умовного модуля деформації E_ϵ в випадку Santon-L при меншій ефективній питомій поверхні (19,60 проти $52,39 \text{ м}^2/\text{г}$) меншому вмісті тонкодисперсних фракцій і відповідно меншому числі контактів появ-

зується з відміченим превалюючим утворенням найбільш міцного типу контактів.

Встановлено, що суспензії дослідних каолінів за розвитком швидкої еластичної ϵ_0' , повільної еластичної ϵ_2' та пластичної $\epsilon_1'\tau$ деформацій відносяться до до IV-го структурно-механічного типу, коли $\epsilon_1'\tau > \epsilon_0' > \epsilon_2'$.

Серед вітчизняних збагачених каолінів водні системи просянського КС-1 відрізняються від глуховецького КС-1. При вологості 50 – 62 мас. % суспензії просянського КС-1 відзначаються:

- більшим числом контактів частинок при шведівській в'язкості $(11,79 - 14,34) \cdot 10^{-2}$ проти $(7,41 - 13,00) \cdot 10^{-2}$ і силами взаємодії частинок дисперсної фази при $E_\epsilon (1,13 - 1,39) \cdot 10^{-3}$ проти $(0,74 - 1,14) \cdot 10^{-3}$, що пов'язується з більшою енергетичною неоднорідністю поверхні;

- меншим розвитком повільної еластичної ϵ_2' $(0,20 - 0,26) \cdot 10^8$ проти $(0,58 - 0,67) \cdot 10^8$ та пластичної деформації $\epsilon_1'\tau$ $(13,95 - 16,92) \cdot 10^8$ проти $(15,38 - 26,99) \cdot 10^8$, що пов'язується з різницею в генезисі та морфології частинок каолініту;

- за реологічними характеристиками - більшою умовною динамічною межею плинності $R_{K2} - (49,4 - 159,0)$ проти $(46,2 - 105,0)$.

При однаковій концентрації дисперсної фази та вологості 50,0 мас. % водні системи незбагачених лужних каолінів відрізняється від збагачених типу КС-1:

- значно більшим розвитком пластичної деформації $\epsilon_1'\tau - (41,15 - 53,05) \cdot 10^8$ проти $(13,95 - 15,38) \cdot 10^8$, що вказує на зменшення стійкості та поліпшення плинності суспензії;

- суттєво меншими силами взаємодії частинок дисперсної фази при $E_\epsilon (0,37 - 0,48) \cdot 10^{-3}$ проти $(1,14 - 1,39) \cdot 10^{-3}$ та числом контактів при шведівській в'язкості $(3,77 - 4,86) \cdot 10^{-2}$ проти $(13,00 - 14,34) \cdot 10^{-2}$;

- за реологічними характеристиками – меншою умовною динамічною межею плинності $R_{K2} - (5,2 - 33,4)$ проти $(105,0 - 159,0)$ та бінгамівською в'язкістю $\eta_m^X (0,09 - 0,15) \cdot 10^{-2}$ проти $(0,26 - 0,34) \cdot 10^{-2}$.

При однаковій концентрації дисперсної фази та вологості суспензія КІСК-2 займає проміжне становище між вітчизняними збагаченими та незбагаченими лужними каолінами за розвитком пластичної деформації $\epsilon_1'\tau$, умовним модулем деформації E_ϵ і умовною динамічною межею плинності R_{K2} .

Коагуляційна структура водних систем дослідної глинистої сировини має суттєві відмінності. Відомо, що глинисті системи є кінетично нестійки-

ми внаслідок осадження частинок під впливом сили тяжіння або на поверхні форм під час формування методом лиття. Структурно-механічними факторами зменшення стійкості глинистих суспензій є зменшення найбільшої пластичної в'язкості η_1 , періоду істинної релаксації θ_1 та збільшення статичної пластичності.

Згідно з цим за кінетичною стійкістю водних систем дослідної сировини визначаються ряди:

Глина Веско-Гранітик < ДН-0 < полозька ПЛГ-1

Каолін збагачений просянський КС-1 < глуховецький КС-1

Каолін незбагачений глуховецький КССК < обознівський К0-1 < катеринівський Е2013

4. Технологічні властивості глинистих суспензій.

Отримані результати тестувань технологічних параметрів водних систем дослідних глин і каолінів дозволили поглибити уявлення про їх зв'язок з дисперсністю та властивостями поверхні.

Як свідчить аналіз плинності більш грубодисперсні глини ESBKA-2 і Santon-L розріджуються водою при значно більшій концентрації дисперсної фази, ніж дослідні глини вітчизняних родовищ (рис. 1).

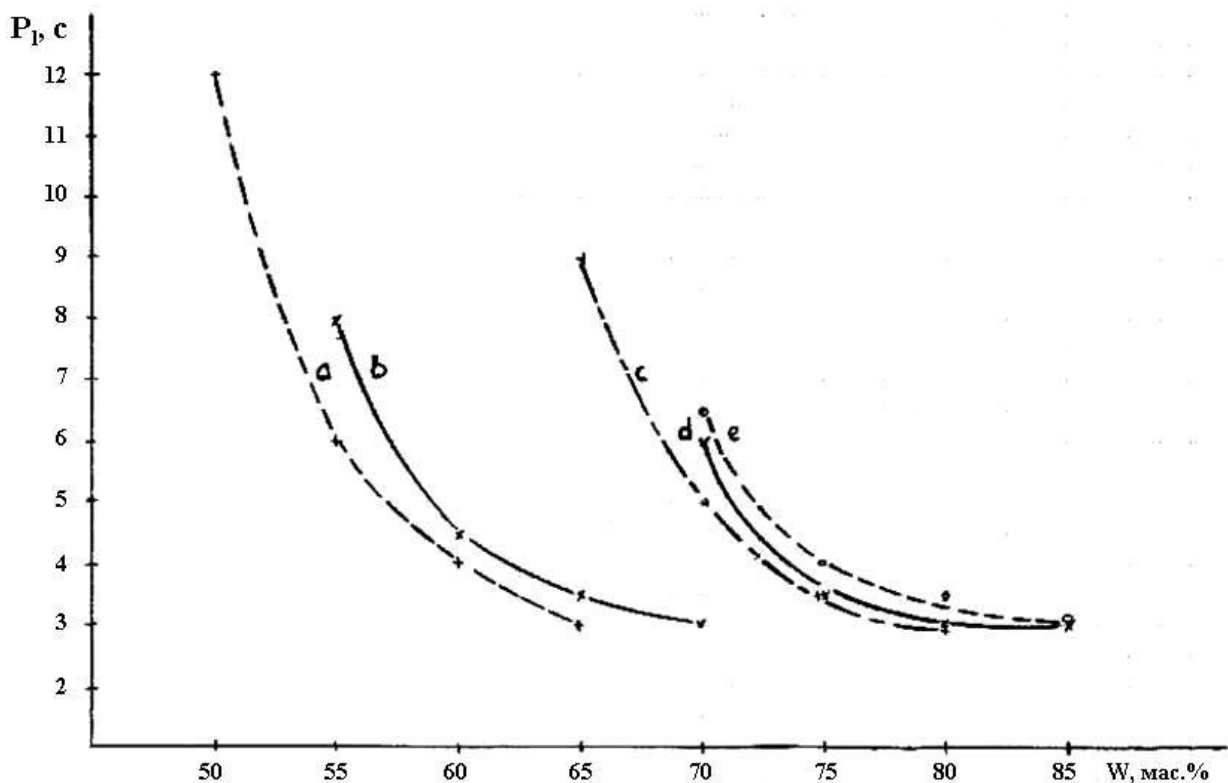


Рис. 1. Залежність плинності від вологості суспензій глин ESBKA-2 (a), Santon-L (b), Веско-Гранітик (c), ПЛГ-1 (d), ДН-О (e).

При цьому серед останніх проба Веско-Гранітик розріджується при більшій концентрації дисперсної фази у порівнянні з ПЛГ-1 і ДН-О.

Як свідчить аналіз плинності каолінів проби Е2013 і КССК розріджуються водою при значно більшій концентрації дисперсної фази, ніж КІСК-2 та проби вітчизняних родовищ (рис. 2).

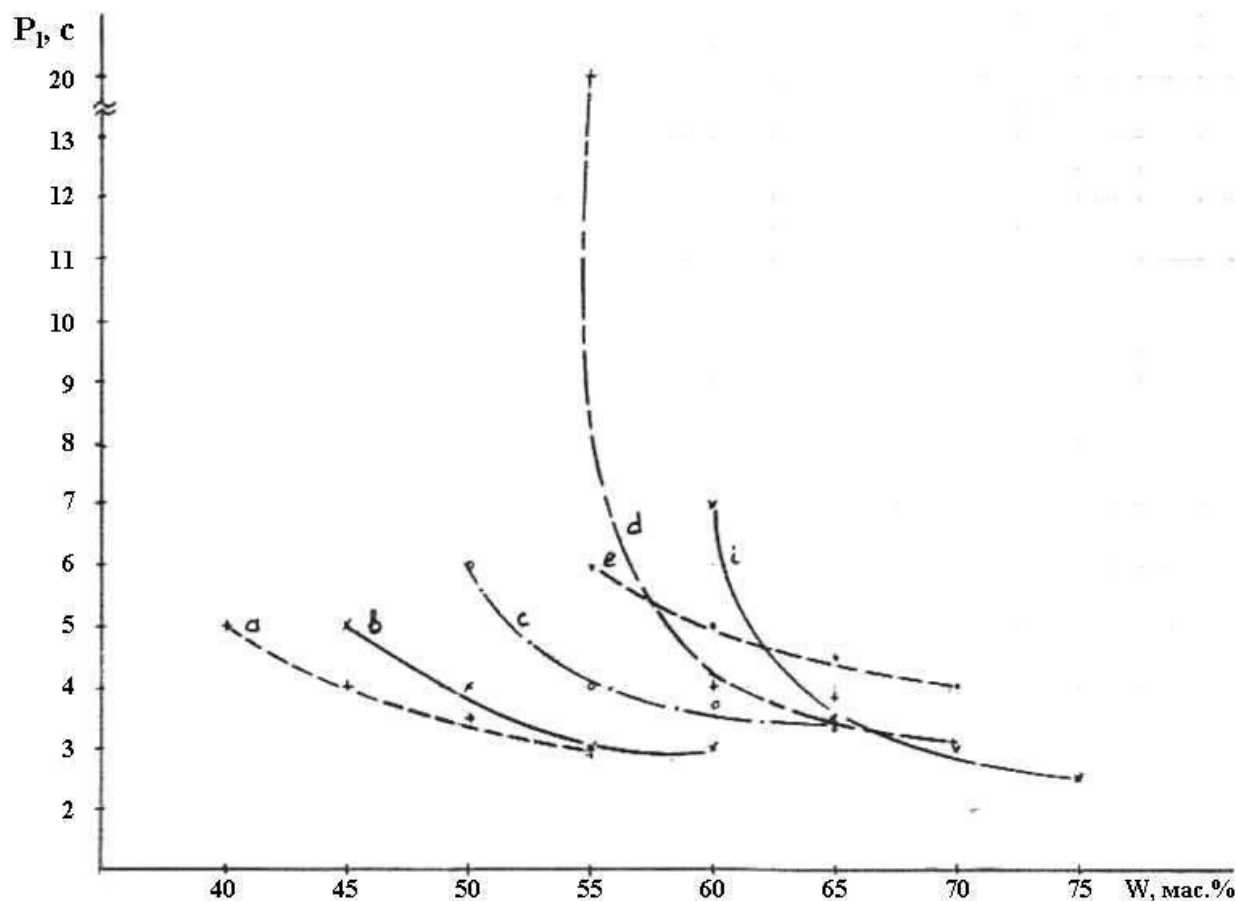


Рис. 2. Залежність плинності від вологості суспензій каолінів Е2013 (а), КССК (в), КІСК-2 (с), КО-1 (д), просянський КС-1 (е), глуховецький КС-1 (і).

Отримані результати корелюються з існуючими уявленнями про коагуляційне структуроутворення, за якими зменшення дисперсності та анізотропії частинок і агрегатів веде до проявлення межі плинності при більшій концентрації дисперсної фази.

Аналіз литтєвих властивостей суспензій дослідних глин і каолінів свідчить про відмінності ступеню загусності в процесі коагуляційного структуроутворення та інтенсивності формування при литті.

Серед глин родовищ України з приблизно однаковим ступенем загусності з коефіцієнтом 1,08 – 1,10 Веско-Гранітик відрізняється від ДН-О і ПЛГ-1 дещо більшим набором маси в гіпсовій формі за нормальних умов протягом

10 хв. при відносно меншій інтенсивності фільтрації (3,79 проти 3,96 – 3,97). При однаковій вологості з вітчизняними суспензії імпортних глин Santon-L і ESBKA-2 відзначаються дещо меншим ступенем загусності (коефіцієнт 1,00 проти 1,08 – 1,10), а ESBKA-2 більшою інтенсивністю фільтрації під тиском.

Серед дослідних каолінів при однаковій вихідній вологості проби глуховецького КС-1 і КО-1 відзначаються дещо більшим ступенем загусності з коефіцієнтами 1,28-1,09 проти 1,00 для інших.

Проби лужних каолінів КССК і E2013 відзначаються більшою масою відливки та інтенсивністю фільтрації при литті в гіпсовій формі за нормальних умов протягом 10 хв. (3,77-4,20 проти 2,54-3,23) та під тиском (2,52-2,75 проти 1,84-2,04). При цьому проба КІСК-2 поступається вітчизняним лужним і дещо перевищує лише глуховецький КС-1 при литті в гіпсовій формі та КО-1 під тиском.

Висновки:

1. Аналіз дисперсності показує, що за вмістом тонкодисперсних частинок – менш 0,001 мм та менш 0,01 мм досліджені проби глинистої сировини утворюють ряди:

Глина ESBKA-2 < Santon-2 < Веско-гранітик < ДН-0 < полозька ПЛГ-1

Каолін збагачений КІСК-2 < глуховецький КС-1 < просянський КС-1

Каолін незбагачений катеринівський E2013 < глуховецький КССК < обознівський КО-1

2. Дисперсність глин і каолінів є важливим фактором коагуляційного структуроутворення, проте при аналізі та регулюванні цього процесу, крім розподілу дисперсних частинок за розміром, слід враховувати особливості їх кристалохімічної будови, властивості поверхні та ліофільність, ступень анізотропії та форму.

3. Розвиток деформаційних процесів при коагуляційному структуроутворенні суспензій дослідних глин і каолінів при рівних концентраціях дисперсної фази пов'язується з відмінностями мінералогічного складу, форми та розмірів частинок:

- при близьких показниках дисперсності значно більший розвиток пластичної деформації ϵ_1 'т в суспензіях гідролюдисто-каолінітових ДН-0, Веско-Гранітик у порівнянні з каолінітовою ПЛГ-1 пов'язується з особливостями взаємодії гексагональних частинок каолініту з подовженими пластинками гідролюди;

- при порівнянні близьких за мінералогічним складом Santon-L і Веско-Гранітик суттєво більший розвиток швидкої еластичної деформації ϵ_0' в суспензії Santon-L при більшій грубодисперсності пов'язується з відмінностями в генезисі та морфології частинок породоутворюючих мінералів;

- превалюючий розвиток пластичної деформації $\epsilon_1't$ в суспензіях грубодисперсних незбагачених лужних каолінів пов'язаний з особливостями взаємодії частинок різної кристалохімічної будови.

4. При найбільшій грубодисперсності та найменшій ефективній питомій поверхні найліпше серед дослідних проб глинистої сировини розрідження водних систем вітчизняних лужних каолінів досягається при більшій концентрації дисперсної фази в інтервалі 60,0 – 40,0 проти 50,0 – 30,0 мас. % для імпортованих глин і каоліну та 35,0 – 15,0 мас. % для вітчизняних глин і збагачених каолінів.

5. Найкращі серед дослідних каолінів литтєві властивості суспензій лужних E2013, КССК при їх найменшій ефективній питомій поверхні пов'язуються з відносно меншою часткою зв'язаної та відповідно більшою часткою іммобілізованої води, що більш інтенсивно фільтрується через пристінний шар, підвищена проникливість якого обумовлюється грубодисперсністю частинок – меншим числом контактів і більшою пористістю.

Список літератури: 1. Ерохіна Л.В. Исследование глиен Андреевского месторождения / Л.В. Ерохіна, Н.П. Тарантул, Н.В. Кольшикина // Труды института НИИстройкерамика. – 1987. – Вып. 61. – С. 81 – 97. 2. Романенко Е.Н. Особенности глиен Андреевского месторождения / Е.Н. Романенко // Стекло и керамика. – 2002. – № 4. – С. 26 – 27. 3. Овчаренко Ф.Д. Гидрофильность глиен и глинистых минералов / Ф.Д. Овчаренко. – К.: Изд. АН УССР, 1961. – 291 с. 4. Куковский Е.Г. Роль поверхности глинистых минералов во взаимодействии с дисперсионной средой / Е.Г. Куковский // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. – К.: Наукова думка. – 1968. – С. 14 – 19. 5. Злочевская Р.И. Связанная вода в глинистых грунтах / Р.И. Злочевская. – М.: Изд. МГУ, 1969. – 176 с. 6. Кульчицкий Л.И. Природа гидратации глинистых минералов и гидрофильность глинистых пород / Л.И. Кульчицкий // Сб. Связанная вода в дисперсных системах. – М.: МГУ. – 1972. – С. 114 – 140. 7. Круглицкий Н.Н. Физико-химические основы регулирования свойств дисперсий глинистых минералов / Н.Н. Круглицкий. – К.: Наукова думка, 1968. – 320 с. 8. Ничипоренко С.П. Физико-химическая механика дисперсных минералов / С.П. Ничипоренко, Н.Н. Круглицкий, А.А. Панасевич; под общ. ред. Н.Н. Круглицкого. – К.: Наукова думка, 1974. – 246 с. 9. Ходаков Г.С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование / Г.С. Ходаков // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2003. – Т. XLVII, № 2. – С. 33 – 44.

Надійшла до редколегії 20.08.10