

А. В. ШЕСТОПАЛОВ, М. А. ЦЕЙТЛИН, докт. техн. наук, професор, **В. Ф. РАЙКО**, канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХПИ»

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ УТВОРЕННЯ КАРБОНАТНИХ ІНКРУСТАЦІЙ ПРИ ЗМІШЕННІ І ТРАНСПОРТУВАННІ ПУЛЬПОВОЇ СУСПЕНЗІЇ

Показана можливість утворення карбонатних інкрустацій при змішенні і транспортуванні відходів содового виробництва. Вивчений механізм і причини утворення інкрустацій в трубопроводі при транспортуванні відходів виробництва соди. Представлені результати дослідження утворення відкладень карбонату кальцію за різних умов. На основі експериментальних даних запропонований механізм стабілізації шламу перед транспортуванням до соляних камер.

1. Вступ

Відомо, що в підземних трубопроводах вода охолоджується до 10°C. Отже, передбачувана температура пульпової суспензії перед подачею їх в розсільні свердловини може сягати 10°C. За наявності у воді пересичених концентрацій слаботорозчинних солей кальцію вони в процесі охолодження в трубопроводі інкрустуватимуть його стінки [1].

По хімічному складу відходів і розчинності гіпсу у воді, можна передбачити, чи матиме місце процес інкрустації трубопроводів і устаткування свердловин.

Дані хімічного складу твердих відходів ВАТ «Лисичанська сода» показують, що фактичний вміст гіпсу, перерахований на CaSO_4 , не досягає насичення ні в одному з видів відходів підприємства. Отже, і в сумішах стоків перенасичення по гіпсу не матиме місця, і тому можна не побоюватися гіпсових інкрустацій трубопроводів [2].

Крім небезпеки утворення інкрустацій гіпсом може випадати CaCO_3 [3]. За літературними даними розчинність CaCO_3 складає при 8°C-12,8 мг/л, при 25°C - 14,6 мг/л. Таким чином, в процесі транспортування можуть протікати реакції утворення карбонату кальцію. Тому були поставлені попередні досліди по вивченню стабільності хімічного складу пульпової суспензії, призначеної для подачі в підземні порожнини.

2. Постановка задачі

Попередні дослідження полягали в тому, що складали певні суміші твердих відходів з водою і розсолем різних концентрацій в скляному циліндрі і візуально спостерігали зміни, що відбуваються, в об'ємі рідини. При змішенні спостерігалася поява твердої фази. Відстій суміші в циліндрі протягом 1 - 2 годин при кімнатній температурі показав, що на стінках циліндра утворилася біла плівка, яка не змивається водою. Цю плівку вдалося видалити або механічним способом або соляною кислотою.

Хімічний аналіз цієї плівки, змитою соляною кислотою показав присутність іонів кальцію. Іони Mg^{2+} і SO_4^{2-} практично відсутні, тому в утворенні міцних відкладень можливі з'єднання гіпсу і гіпсоокиси магнію не враховувалися.

Щоб уникнути чинників, що важко враховуються, спочатку досліди проводилися з чистими розчинами, приготованими в лабораторіях. Як кількісна характеристика була прийнята величина відкладених на стінках реакційної посудини інкрустацій.

При дослідженні застосовували наступну методику [4]. Готували розчин хлориду натрію. У дві склянки з розчином NaCl додавали розраховану кількість розчинів соди і хлористого кальцію. Потім вміст двох склянок зливався в одну колбу, в якій рідина при перемішуванні витримувалася протягом визначеного умовами експерименту часу при заданих параметрах. Після припинення експерименту рідину з колби зливали в іншу судину і проводили необхідні аналізи, а колбу ретельно промивали кілька разів дистильованою водою. При цьому на стінках колби залишався тонкий шар інкрустацій, що не змивається водою. Цей шар потім розчиняли 7 - 10 мл концентрованої соляної кислоти, одержану рідину розбавляли дистильованою водою і аналізували на зміст іонів Ca^{2+} . Цей результат давав можливість провести розрахунок величини утворених інкрустацій.

В даний час є дві точки зору на механізм утворення твердої фази $CaCO_3$. Згідно однієї з них, вважається, що первинним актом утворення твердої фази є виникнення кристалічного зародка. Для утворення кристалічного зародка необхідне таке орієнтування іонів або молекул, яке відповідає їх положенню в кристалічній решітці даної речовини. Вірогідність створення таких умов залежить від концентрації і швидкості дифузії речовини [5].

Згідно іншої теорії зародком твердої фази є аморфні утворення, усередині яких з часом виникають кристали. Зростання цих кристалів приводить до розпаду кулястої частинки на безліч дрібних кристалічних утворень.

Літературні дані указують, що механізм кристалізації $CaCO_3$ протікає по другому варіанту з отриманням аморфного утворення. Тільки при малій концентрації іонів кальцію в розчині, підвищеній температурі і інтенсивному перемішуванні процес утворення зародків $CaCO_3$ можна ототожнювати з картиною утворення кристалічного зародку.

3. Результати досліджень

Результати дослідження залежності величини інкрустацій від концентрації $CaCO_3$, яка присутня в розчині наступні. Температура проведення експерименту $18^\circ C$, швидкість обертання мішалки 160-180 об/хв. З рис. 1 видно, що максимум кількості міцних відкладень $CaCO_3$ знаходиться в межах 0,5 - 2 г/л концентрації розчиненого карбонату кальцію. Це пояснюється тим, що при підвищенні концентрації $CaCO_3$ велика частина солі кристалізується на завислих частинках, а не на стінках посудини.

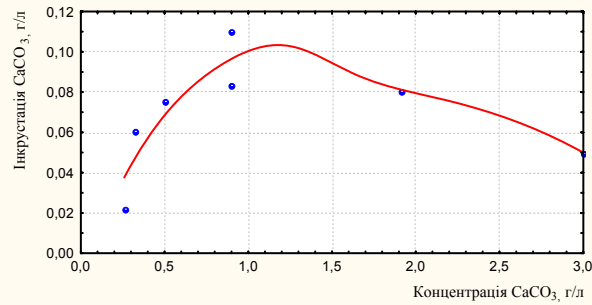


Рис. 1. Залежності величини інкрустацій від концентрації CaCO₃

До цього висновку приводить і представлена на рис. 2 залежність процентного відношення величини інкрустації до всього присутнього CaCO₃. В цьому випадку максимум доводиться на концентрацію 0,3 - 1 г/л. Величина міцних відкладень залежить не тільки від концентрації CaCO₃, але і від гідродинаміки системи.

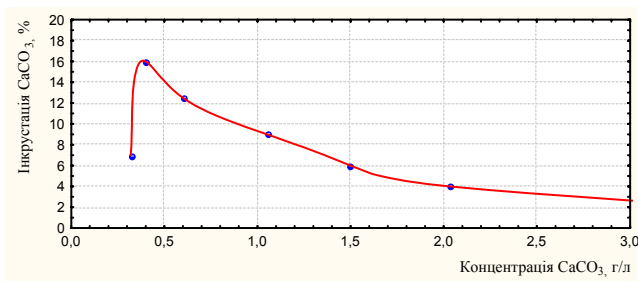


Рис. 2. Залежність процентного відношення величини інкрустації до всього утвореного CaCO₃

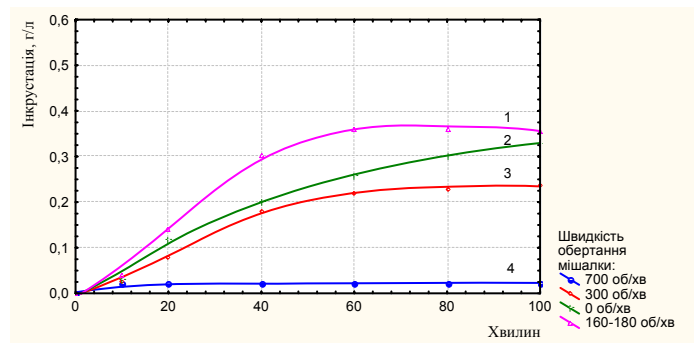


Рис. 3. Залежність швидкості утворення інкрустацій від гідродинаміки та часу проведення опитів

З рис. 3 видно, що при швидкості обертання мішалки 160 - 180 об/хв. швидкість інкрустації максимальна і закінчується десь за 40 - 50 хв.

Вірогідно, цей гідродинамічний режим сприяє хорошему перемішуванню розчину і є найбільш сприятливим для дифузії CaCO₃ та визначається уповільненням дифузії молекул карбонату кальцію до стінки посудини, в другому випадку перемішування розчину достатньо інтенсивне і може забезпечити хороше зіткнення солей кальцію із стінками посудини, проте висока швидкість руху рідини гальмує процес інкрустації і сприяє утворенню кристалічного зародка в об'ємі рідини. Останню думку дуже добре підтверджує залежність, одержана в дослідах при перемішуванні рідини із швидкістю обертання мішалки більше 700 об/хв. При низькій концентрації твердої фази інтенсивне перемішування відповідає умовам утворення кристалічного зародка і його зростання за рахунок процесу кристалізації.

Крім того, механічна сила турбулентного руху рідини сприяє ослабленню сил зчеплення між стінками посудини і молекулами CaCO₃, і тому при бурхливому перемішуванні суміші процес інкрустації інтенсивно пригнічується.

Заслуговує уваги вплив концентрації хлориду натрію на процес утворення інкрустації. Ці дані представлені на рис. 4, з якого видно, що в суспензіях з

низьким вмістом хлориду натрію процес інкрустації сильно інтенсифікувався. Тільки з підвищенням солевмісту до 100 г/л величина інкрустацій декілька падає і досягає мінімуму дець досягши більше 250 г/л NaCl. Це обумовлено тим, що іони Na^+ і Cl^- , що знаходяться в розчині у великих кількостях, можуть адсорбуватися на поверхні апарату і пригнічувати процес кристалізації на ній карбонату кальцію. Ці іони можуть адсорбуватися на кристалах і затримувати їх зростання, і тому процес зняття перенасичення CaCO_3 у розсолах, мабуть, зтягується.

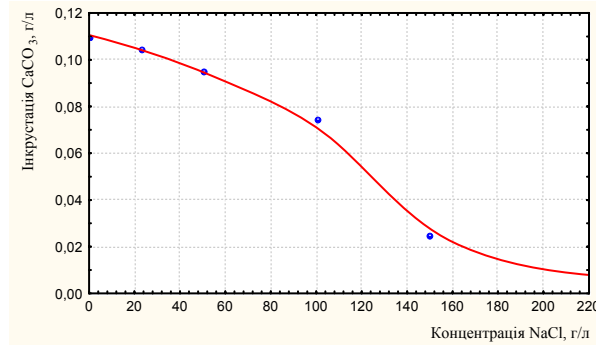


Рис. 4. Вплив концентрації хлориду натрію на процес утворення інкрустації

Результати досліджень, приведених на рис. 5, показують, що величина інкрустацій пропорційна кількості протікаючої через судину рідини. Ці дані були одержані шляхом нашарування міцних відкладень CaCO_3 на стінках колби, в яку заливалася досліджувана суміш. Кількість дослідів, що беруть участь в збільшенні шару інкрустацій, рівносильні кількості рідини, що протікає за певний час через колбу. Час тривалості дослідів складає 25 хв., температура 18°C. Нашарування інкрустацій проводилося при швидкості обертання мішалки 180 об/хв. і рівній кількості рідини у всіх дослідів.

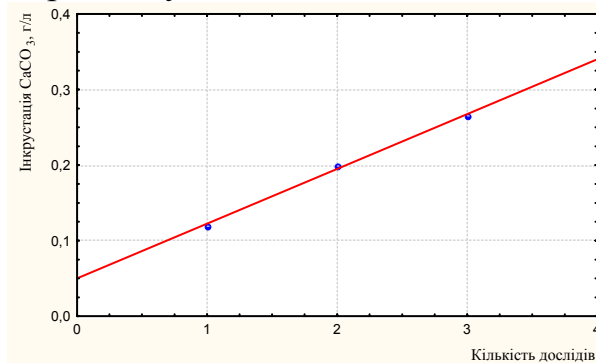


Рис. 5. Залежність кількості інкрустацій від кількості опитів при утворенні відкладень

Таким чином, швидкість випадання інкрустацій карбонату кальцію залежить від багатьох чинників: кількості суспензії, в якій утворюється CaCO_3 , гідродинаміки, кількості протікаючої рідини.

З рис. 6 видно, що вміст іонів кальцію в розчині різкий падає протягом перших 7 - 9 хв. при перемішуванні рідини (криві 2, 3) і протягом 25 - 30 хв. в спокійній рідині (крива 1). Ці дані вказують на те, що спочатку після утворення CaCO_3 знаходиться в розчині в пересиченому стані, і при відсутності центрів кристалізації поволі утворює тверду фазу. Таким чином, для швидкого зняття

перенасичення CaCO_3 у розчині необхідна присутність центрів кристалізації, так званих приманок.

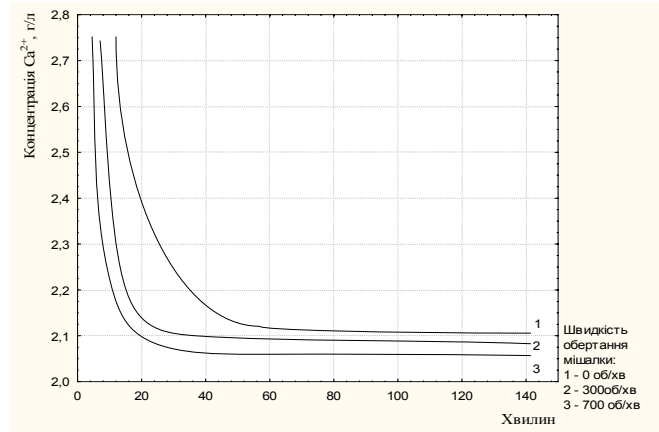


Рис.6. Динаміка зміни концентрації іонів кальцію в розчині в результаті кристалізації CaCO_3

З рис. 7 видно, що при концентрації суспензії менше 120 мг/л величина інкрустації різко зростає, отже, в цьому випадку процес зняття перенасичення на поверхні завислих речовин істотно сповільнюється у вигляді недостатності центрів кристалізації.

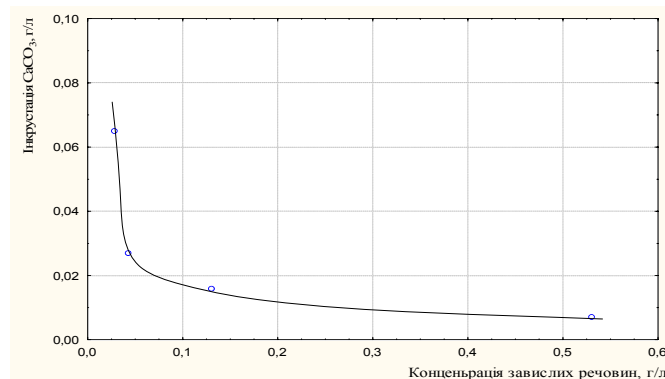


Рис.7. Залежність величини інкрустації CaCO_3 від концентрації завислих речовин

4. Висновки

Проведені дослідження показують, що при змішенні кальцієвмісних відходів содового виробництва з рідиною можуть утворюватися пересичені концентрації CaCO_3 , які в певних умовах можуть давати інкрустації.

Показано також, що вміст при цьому в пульповій суспензії 120 - 140 мг/л завислих речовин, може повністю зняти перенасичення, причому, із значною швидкістю. У зв'язку з тим, що тверді відходи з дослідного шламонакопичувача складаються з дрібнодисперсних часток, можна зробити висновок, що при приготуванні пульпової суспензії у перемішувачі відбуватиметься зняття перенасичення по карбонату кальцію та інкрустація трубопроводі маловірогідна.

Вплив концентрації хлориду натрію на процес інкрустації полягає в уповільненні кристалізації карбонату кальцію і також сприятиме захисту устаткування від інкрустацій.

Список літератури: 1. О механизме образования инкрустаций в дистиллере. Дрозин Н. Н., Овечкин Е. К., Куцина М. И. и др. Тр. НИОХИМ, т. XII, 1959. 2. *Лосев К., Баранов Ш., Левина Р., Химстрой*, №6, 71 (1934). 3. *Ворончихин В. Е.*, ЖХП, 13, 1486 (1936). 4. Методика исследования скорости образования гипсовых и карбонатных инкрустаций. Овечкин Е. К., Дрозин Н. Н., Куцина М. И. и др. Тр. НИОХИМ, т. XIII, 1961. 5. *Кирхнер Ю.* Производство соды по способу Сольвэ, Химтеорет, 1932.

Поступила в редколлегию 13.02.2009

УДК 681.518.52

Б. А. МАЛИК, канд. техн. наук, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рассмотрены вопросы создания первичных преобразователей в системах пожарной безопасности промышленных объектов. Проанализированы требования к таким преобразователям, возможности их реализации, предложен подход, основанный на использовании фотоприборов с зарядовой связью и микропроцессорной обработкой информации.

Розглянуті питання створення первинних перетворювачів у системах пожежної безпеки промислових об'єктів. Проаналізовано вимоги до таких перетворювачів, можливості їх реалізації, запропоновано підхід, що базується на використанні фотоприладів із зарядовим зв'язком та мікропроцесорним опрацюванням інформації.

Problems of sensing devices creation in fire safety systems of industrial objects are considered. These transducers' requirements, its application possibilities are analyzed. New approach based on charge-coupled photoinstruments and microprocessor-based information processing is proposed.

В системах, обеспечивающих безопасность промышленных предприятий в частности пожарную безопасность, одним из основных элементов определяющих их надежность являются первичные преобразователи

Информация с таких преобразователей (датчиков) в большинстве случаев поступает в подсистему обработки данных, которая может быть различной степени сложности – от простой логической схемы до универсального микропроцессорного устройства.

Обеспечение безопасности такими датчиками может идти по двум направлениям: использование их как элемент системы предупреждения об опасности и как безопасный элемент в системах контроля и предупреждения [1].

Любые физические явления, в том числе процессы самовозгорания, тления, пожара или взрыва, могут быть идентифицированы по ряду факторов, проявлением которых это явление сопровождается. Общим принципом работы всех автоматических устройств обнаружения загораний является измерение физических величин, связанных именно с этими факторами. Обычно факторы, применяемые для регистрации очагов пожара, делят на две группы: не связанные