

УДК 622.73-52:658.562

Пазюк Михайло Юрійович, завідувач кафедри, доктор технічних наук
Міняйло Наталія Олександрівна, доцент, кандидат технічних наук
Романенко Юрій Олександрович, аспірант

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Запорізька державна інженерна академія

Виконано порівняльний аналіз відомих методів та пристроїв контролю гранулометричного складу сипких матеріалів. Виявлено переваги та недоліки існуючих вирішень, а також їх вплив на ефективність застосування у сучасних автоматизованих системах управління технологічними процесами та агрегатами. За результатами теоретичних досліджень запропоновано розглянути можливість застосування оптико-електронного методу для визначення гранулометричного складу сипких матеріалів при управлінні процесами підготовки сировини до доменної плавки.

Ключові слова: сипкий матеріал, гранулометричний склад, ситовий аналіз, пробовідбірник, оптико-електронний метод

Вступ. Головним видом сировини у чорній та кольоровій металургії, а також будівельній галузі є сипкі матеріали. Їх якість визначається хімічним складом і такими фізико-механічними властивостями як розмір часточок, щільність, об'ємна маса, коефіцієнт внутрішнього тертя, кут природного відкосу, злежуваність, абразивність та інші [1]. Загальний вміст часточок (зерен, фракцій) різного розміру, які характеризують заданий обсяг сипкого матеріалу, є його гранулометричним складом.

Залежно від видів технологічних процесів саме гранулометричний склад дозволяє визначити якість підготовки та переробки сипкої сировини й оцінити ефективність роботи технологічних агрегатів (дробарок, грохотів, млинів, барабанів-грудкувачів, грануляторів), що найчастіше застосовують на збагачувальних, дробильно-сортувальних і агломераційних фабриках.

Розподіл гранулометричного складу в шарі сипкого матеріалу суттєво впливає на його газопроникність, що є особливо важливим у процесах грудкування та плавлення в печах шахтного типу.

Головною проблемою під час масової переробки сипких матеріалів залишається оперативне та точне визначення гранулометричного складу металургійної сировини у шарі, об'ємі, потоці, а також при перевантаженні та русі у технологічних транспортних системах, формуванні шарів, завантаженні в технологічні ємності тощо, що призводить до збільшення часу формування необхідних дій управління та наявності у системах значного транспортного запізнювання. Такий недолік у виробництві, як правило, впливає на витрату коштовних енергоресурсів,

збільшення об'єму неякісної продукції, зниження продуктивності технологічних агрегатів та приводить до збільшення собівартості продукції.

Постановка завдання. Для подальшого пошуку шляхів удосконалення АСУ підготовки та переробки сипкої сировини необхідні точні та надійні методи й підходи в області автоматичного вимірювання у реальному часі гранулометричного складу сипких матеріалів з урахуванням різних особливостей технологічних процесів.

Головна частина досліджень. Для визначення гранулометричного складу сипких матеріалів застосовують різні підходи. Перш за все це прогнозування гранулометричного складу на основі математичних моделей, які описують змінювання фізико-механічних та хімічних властивостей сипких матеріалів за проходженням їх через технологічні агрегати.

У роботах [2-4] запропоновано оптимізацію управління формуванням гранулометричних характеристик агломераційної шихти в результаті застосування у складі АСК аналітичних моделей процесів грудкування та змінювання структури грудкованої шихти під час транспортування та завантаження на агломашину, які засновано на аналізі сутності даних процесів.

Головною перевагою застосування математичних моделей для прогнозування гранулометричного складу сипких матеріалів є відсутність технічних засобів і, відповідно, затримки за часом вимірювання, обробки та передавання вихідних даних до АСУ. Також відсутні питання класу точності приладів і достовірності переданих даних.

Недоліком даних підходів є відсутність реальних даних про склад сировини, грануломет-

ричний склад якої було прогнозовано. У такому разі отримують припустиме (прогнозоване) співвідношення або кількість фракцій того чи іншого діаметра. Розроблені моделі слід адаптувати під конкретні технологічні агрегати, процеси, параметри, що потребує часу та ресурсів для підстроювання моделей, експериментальне визначення деяких коефіцієнтів і перевірки їх на адекватність. Одночасно за умови збільшення класів фракцій, які потрібно визначати, математичні моделі у разі ускладнюються і відповідно потребують значних часових ресурсів для обробки даних і збільшують час реакції всієї системи.

Інші підходи базуються на використанні автоматичних пристроїв дискретного та безперервного принципу дії, які у більшості випадків є контактними засобами визначення гранулометричного складу сировини.

На металургійних підприємствах України найбільшого поширення набув ситовий аналіз, під час якого визначений обсяг сипкого матеріалу (пробу) пропускають через ряд вертикально розташованих сит. Сита, залежно від виробництва, відрізняються діаметрами отворів, наприклад: 25, 18, 12, 6, 3 мм. Таким чином, на кожному ситі затримується обсяг сировини, гранулометричний склад якого характеризується умовним діаметром часточок, що є меншим за діаметр отвору сита. Далі за допомогою зважування кожного обсягу окремо розрахунковим шляхом обчислюють вміст кожної групи фракцій у загальному обсязі.

За аналогічним принципом фірмою «*Rhewum GmbH*» (Німеччина), побудовано автоматизований пристрій для ситового аналізу сипких матеріалів, що здійснює поділення матеріалу на 12 фракцій, починаючи з розміру 63 мкм [5]. Його недоліками є неможливість досліджувати фракцію, що проходить через найдрібніше сито та містить часточки різних розмірів, а також виконання дослідження тільки відібраної частини матеріалу.

Автоматичний ситовий аналізатор, що запропоновано у роботі [6], дозволяє виконувати контроль за гранулометричним складом великих потоків роздробленої руди [7]. Принцип дії такого пристрою є у поділенні потоку сировини на дві частини за допомогою подільника. Одна частина матеріалу потрапляє у саморозвантажувальний бункер, а інша - проходить через сито. Відсіану на ситі фракцію подають у інший бункер. В результаті зважування вимірювачами ваги матеріалів двох бункерів за допомогою логічного пристрою визначають процентний вміст

відсіяної фракції відносно основного об'єму сировини.

Використання методу ситового аналізу дозволяє залежно від потреби виробництва застосовувати сита з діаметрами отворів, фракції яких потрібно контролювати під час реалізації заданого технологічного процесу.

Конструкція зазначених ситових аналізаторів є складною, а їх робота супроводжується значним шумом. Окрім того, такий метод потребує значного часу, призводить до затримки одержання даних про гранулометричний склад матеріалу. Під час використання таких технічних пристроїв слід враховувати, що гранулометричний склад незначної проби матеріалу характеризує весь його обсяг, що не завжди відповідає дійсності.

Для сортування сипких матеріалів на класи крупності використовують процес грохочення, що дозволяє поділяти матеріали до крупності 1...3 мм. Більш дрібні матеріали поділяють повітряної класифікацією.

Конструктивно грохоти поділяють на наступні типи: нерухомі колосникові, барабанні обертові, дугові гідравлічні та вібраційні. В роботі [8] описано сортування, що здійснюють з використанням круто нахилених значно інтенсивних грохотів.

Головне завдання грохотів - відсіювання дрібної фракції від великої. Проте за реальних умов не вдається повністю розділити дрібні та великі часточки. Перевагою даного методу є ефективне розділення гранул у заданому діапазоні. Проте, на практиці потрібно не лише просте виділення гранул, а й поділ їх розмірів на декілька діапазонів, а також виконання аналізу та контролю одержаних фракцій. Окрім того, змінювання параметрів грохотів пов'язано з фінансовими та часовими витратами [9].

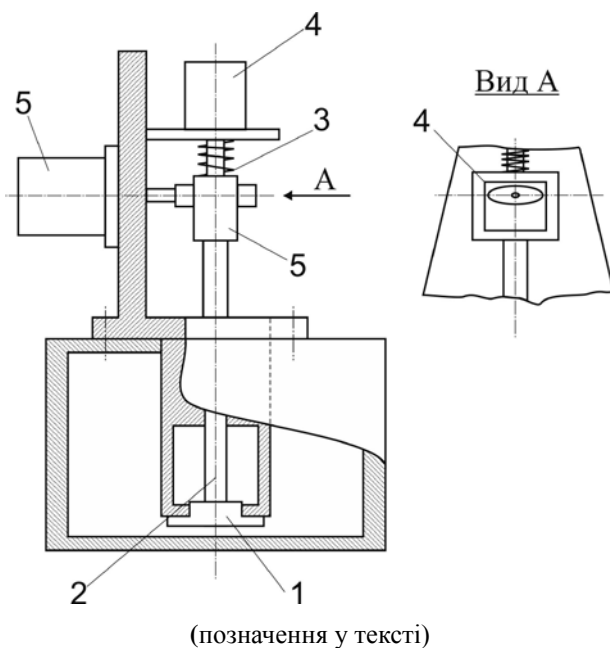
Поряд з класичними методами контролю гранулометричного складу сипких матеріалів існують і інші. Так, для контролю гранулометричного складу металургійних матеріалів розроблено засоби та виконано дослідження можливості застосування мікрохвильової техніки й принципу радіолокації [10]. Обробку сигналів виконують у режимі реального часу з використанням аналого-цифрового перетворювача та спеціального програмного забезпечення. Визначають характеристики сигналів та їх спектрів, що несуть інформацію про гранулометричний склад матеріалу. В роботі [11] запропоновано пневматичну класифікацію сипких матеріалів та устрій для її реалізації.

Випробувальною лабораторією інституту

механічної обробки та збагачення Німеччині «*Technischen University Bergakademie Freiberg*» і фірмою «*Nihon Kogyo*» (Японія) для аналізу зернистості та розмірів гранул сипких матеріалів розроблено лазерні методи [12]. Так, з метою одержання даних про гранулометричний склад агломерату японськими дослідниками запропоновано використовувати пристрій для вимірювання енергії первинного дроблення у вузлі дроблення спека. Для точного контролю й стабілізації умов агломерації без затримки за часом у вузлі дроблення спека встановлюють пристрій для вимірювання енергії первинного дроблення агломерату. На основі одержаних даних обчислюють гранулометричний склад та інші властивості агломерату [13].

Інший пристрій для визначення розмірів твердих часточок, засновано на вимірюванні значення тиску, що чинить потік кускового матеріалу на вміщене у ньому тіло-заслонку. Шматки матеріалу мають різні розміри, а отже, і різну кінетичну енергію на момент зіткнення з заслінкою. Це призводить до залежності розкиду потоку матеріалів після зіткнення від крупності часточок. Тому, якщо вимірювати ширину потоку дробленого матеріалу у вертикальній площині, що проходить через вісь потоку, то за її величиною можна мати інформацію про крупність часточок матеріалу [14].

Під час дроблення та збагачення твердих корисних копалин можна використовувати гранулометричний аналіз (рис. 1).



(позначення у тексті)
Рисунок 1 - Гранулометр з частковим розрізом стрижня

Під час роботи наведеного пристрою двигун 11 обертає із постійною швидкістю кулачок, який діючи на рамку 6, піднімає щупа 4 над п'ятою 3 (спочатку щуп 4 повертається за дією пружини 8). За опусканням щупа 4 в робочому зазорі між ним і п'ятою 3 затискаються тверді часточки. Коли щуп 4 є опущеним і нерухомим, включають вимірювача лінійних переміщень 10 і вимірюють розмір захоплених частинок [15]. Пристрій контролю вмісту кондиційних окатишів у потоці складається з імпульсного датчика, підсилювача, вихід якого підключено до входів трьох паралельно включених тригерів [16]. Вихідні сигнали тригерів надходять у логічний пристрій, що вміщує дві схеми антизбігів і дві схеми логічного заперечення. Потім сигнали подають на входи двох блоків співвідношення та на вторинні прилади. У такому пристрої здійснюють поділення імпульсів, амплітуда яких відповідає крупності окатишів, на три фракції: велику, середню та дрібну, а також визначення відношень вмісту великої фракції до середньої й дрібної фракції до середньої.

Науково-виробничим об'єднанням «Дніпрочерметавтоматика» розроблено вимірювача з індикатором середнього відхилення крупності гранул, що використовує імпульсний датчик для автоматизації контролю крупності гранульованого матеріалу. Вимірювач здійснює стереологічну реконструкцію середнього діаметра гранул за контрольованими хордами [17]. Гранулометрію «ПК-074» [18] застосовують за умов подрібнення комплексів мідно-нікелевих і залізовмісних руд збагачувальних фабрик, а також для контролю гранулометричного складу гідроксиду алюмінію за умов підвищеної температури (50...70 °C).

Науково-виробничий комплекс «Югцветметавтоматика» для контролю крупності сипких матеріалів використовує пристрій з ваговимірювачем [19], сигнал з якого подають на вхід аналізатора спектра, а на виході формують сигнал у вигляді піків інтенсивності спектральної щільності, що перетворюють на сигнали, що є пропорційними вмісту окремих фракцій у шарі матеріалу. Загальними вимогами до методів гранулометричного контролю й аналізу є простота методу та апаратури, забезпечення необхідної чутливості, точності і швидкості контролю, наочність уявлення одержаної інформації [20].

До методів, які значною мірою задовольняють таким вимогам, можна віднести оптико-електронні методи, перевагою яких є оперативність одержання інформації, обробка даних у

реальному часі, поліпшення умов праці. Тому найбільш перспективними методами контролю гранулометричного складу сипких матеріалів слід визнати оптико-електронні методи із застосуванням ЕОМ для обробки зображень [9, 21-28].

Існує пристрій автоматичної системи контролю стійкості грануляту [21], де з його потоку відбирають групу зерен і розподіляють на плоскій поверхні так, що кожне зерно відокремлено від інших зерен. Далі шляхом автоматичної обробки зображення вибирають одне характерна зерно та здійснюють наведення на нього вимірювального преса.

На заводі фірми «ВНР» (Австралія) для аналізу крупності рудно-паливних матеріалів, що переробляють у доменній печі № 6, застосовують систему для вимірювання параметрів часточок (система «РРМ8»), яку розроблено Інститутом промислової автоматики. Основою системи є телекамера, між об'єктивом якої та екраном, що підсвічують, проходить падаючий з віброживлювача сипкий матеріал (руда, агломерат, кокс). У системі використовують візуальне зображення матеріалу в міру його падіння за дією сили тяжіння між телекамерою та джерелом світла. На відеомоніторі відображаються певні класи крупності сипкого матеріалу [22].

Аналогічно на одному з японських заводів [23] регулюють гранулометричний склад шихтових матеріалів, що завантажують до доменної печі. З рудного бункера відбирають пробу матеріалу, яку подають на стрічковий транспортер, а потім скидають з нього. Падіння шихти спостерігають за допомогою телевізійної камери. За гранулометричним складом регулюють ступінь відкриття затвора рудного бункера.

В іншій системі [24] зображення з телекамери передають на аналізатор, що розраховує середній розмір фракції, порівнює його з необхідним, на підставі чого регулюють швидкість руху агломераційної стрічки. Система для вимірювання розмірів часточок і зон розплавленої шихти у доменних печах [25] забезпечує отримання та запис телевізійного зображення поверхні шихти й обробку одержаних результатів.

Подібний пристрій для вимірювання гранулометричного складу було розроблено в Ліпецькій філії ДКБ «НВО автоматизації чорної металургії» (Російська Федерація), що містить: телевізійну камеру, в зоні сканування якої сформовано потік окремо падаючих частинок на контрастно освітленому фоні, а також перетворювач відеосигналу, селектор відеосигналу, селектор довжини хорди, пристрій пам'яті, генератор ра-

хункових імпульсів та обчислювальний пристрій. Зображення обробляють обчислювальним пристроєм. Підвищення точності вимірювання забезпечують шляхом реєстрації хорд часточок, які збігаються з початком і кінцем сигналу рядкової розгортки [26]. Є відомою оптична установка для виконання контролю якості полімерного матеріалу [27]. У процесі контролю пробну масу грануляту уручну зсипають зверху в чотири камери, де падаючі часточки фотографують з чотирьох сторін. Потім за результатами обробки знімків гранулят у різні ємності.

Таким чином, перевагами методів гранулометричного аналізу, заснованих на оптичній електроніці, є висока чутливість і відтворюваність під час забезпечення вибіркового контролю [28]. Суттєвим недоліком вище зазначених оптичних методів є відсутність оперативності, а також необхідність виготовлення та встановлення спеціального обладнання – пробовідбирача. Окрім того, головною проблемою гранулометричного аналізу залишається безперервний контроль безпосередньо на лінії виробничого процесу, що дозволяє своєчасно класифікувати сипкі матеріали за класами крупності та оцінювати їх якість. У зв'язку з цим виникає завдання розробки оптико-електронного методу, заснованого на одержанні та обробці зображень контрольованого сипкого матеріалу без використання пробовідбирача, безпосередньо в технологічному потоці й оцінка його гранулометричного складу. Одержання об'єктивної та своєчасної інформації про розподілення грудкованого матеріалу за класами крупності та кількості дрібниці дозволить поліпшити управління якістю продукції, яку випускають, виявити й оперативно усунути виникаючі порушення у процесі виробництва. Установка телекамери безпосередньо над транспортером дозволить здійснювати достовірний аналіз верхнього шару агломерату, що становить близько 7...10 % всього матеріалу, який знаходиться на транспортерній стрічці, тоді як проба, що взято на лабораторний аналіз, становить близько 0,0014 %.

Висновки. За даними вітчизняної та зарубіжної літератури виконано аналіз існуючих методів і систем для контролю гранулометричного складу сипких матеріалів агломераційного виробництва. Розглянуто механічні, оптичні, лазерні та звукові системи визначення розміру фракції, а також виділено оптичні системи як найбільш перспективні.

З огляду на багатофакторність технологічних процесів підготовки сипких матеріалів, слід визнати за необхідне використання методів під-

вищення достовірності інформації на основі її обробки та логічного аналізу за допомогою оптико-електронних систем. Для удосконалення існуючих оптико-електронних методів контролю гранулометричного складу шихти потрібно визначити можливості сучасних технічних засобів

отримання відеопотоку, розробити алгоритми обробки отриманих зображень у режимі реального часу та виконати оцінку ефективності застосування запропонованого методу для різних умов виробництва.

Бібліографічний список

1. **Марюта, А. Н.** Автоматический контроль гранулометрического состава сыпучих материалов / А. Н. Марюта, Ю. Г. Качан. – Киев : Донецк : Вища школа, 1977. – 120 с.
2. **Ренгевич, О. В.** Система автоматического управления процессом окомкования на основе методов распознавания : дис. канд. техн. наук: 05.13.07 / Олег Владимирович Ренгевич. – Запорожская государственная инженерная академия. – Запорожье, 2001. – 153 с.
3. **Пазюк, Ю. М.** Формирование слоя шихты с заданными характеристиками путем управления процессом сегрегации (на примере агломерационного производства): дис. канд. техн. наук: 05.15.08 / Юрий Михайлович Пазюк. – Запорожская государственная инженерная академи. – Запорожье, 2008. – 177 с.
4. **Рахуба, В. О.** Оптимизация управления формированием гранулометрических характеристик агломерационной шихты при подготовке к спеканию: дис. канд. техн. наук: 05.13.07 / Виктория Олеговна Рахуба. – Запорожская государственная инженерная академия. – Запорожье, 2010. – 160 с.
5. **Vollautomat zur Siebanalyse** [Text] // Chem.-Ing.-Techn. – 1996. – Vol. 68, No. 1-2. – S. 43.
6. **ГОСТ 17495-80.** Руды железные, концентраты, агломераты и окатыши. Методы отбора и подготовки проб для гранулометрического анализа [Текст]. – Введ. 1980-01-01. – М. : Гос. ком. за стандартами СРСР, 1980. – 6 с.
7. **Патент 640179 СССР** Устройство для контроля гранулометрического состава раздробленной руды [Текст] / Г. Е. Иткин, В. Л. Аранович, Г. А. Гапонов и др.; заявитель и обладатель патента Всесоюзный научно-исслед. и проектный ин-т механической обработки полезных ископаемых. – № 2518303/18-25; заявл.01.08.77; опубл. 30.12.78.
8. **Учитель, Ф. Д.** Концепция формирования характеристик крупности шихтовых материалов аглодоменного производства (сообщение 1) [Текст] / Ф. Д. Учитель, В. В. Севернюк, В. И. Большаков, С. В. Лялюк // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1999. – № 1. – С. 5-8.
9. **Селивановских, В. В.** Анализ гранулометрического состава агломерата с помощью оптико-электронной системы [Текст] / В. В. Селивановских, Е. В. Ершов, О. Г. Ганичева и др. // «Северсталь» – пути к совершенствованию. – Материалы научно-техн. конф. молодых специалистов и инженеров. – Череповец : ОАО «Северсталь», 2002. – С. 21-22.
10. **Кукушкин, О. Н.** Исследование возможности определения гранулометрического состава материалов в потоке методами микроволновой техники [Текст] / О. Н. Кукушкин, В. И. Головкин, Н. В. Михайловский и др. // Электронная техника. – 1998. – Сер. 1, № 1. – С. 39-45.
11. **Pat. 1332160 Canada, ICI⁶ B07 B 04/00.** Particle Separator [Text] / G. F. Quig. – pat. 23.5.89; publish. 27.9.94.
12. **Test laboratory of granulometric technique** [Text] // Chem.-Ing.-Techn. – 1996. – Vol. 68, No. 10. – S. 1196.
13. **Application 62-149822 Japan, ICI⁴ C 22 B 1/20.** Method of estimation for agglomeration properties [Text] / Okitsu Khiroto, Sudzuki Masayuki, Nagano Sejko; applicant Nippon Koka 12.85; publ. 03.07.87; No. 60-289395.
14. **Патент 512407 СССР.** Устройство для контроля крупности измельченной руды [Текст] / Ф. М. Дегтярев, Г. Г. Буйный, В. И. Лопатин, В. М. Демко; заявитель и патентообладатель Научно-исслед. и опытно-констр. ин-т автоматизации черной металлургии. – Заявка № 1827371/26-25; заявл. 07.09.72; опубл. 30.04.76.
15. **Патент 558199 СССР.** Гранулометрия [Текст] / В. П. Скар, Б. Я.Лившиц, В. И. Донков, Л. С. Гуцало, В. В. Гармата; заявитель и патентообладатель Научно-исслед. и опытно-констр. ин-т автоматизации черной металлургии. – Заявка № 2154803/25; заявл. 11.07.75; опубл. 15.05.77.
16. **Патент 562754 СССР.** Устройство контроля содержания кондиционных окатышей в потоке [Текст] / А. В. Дримбо, М. Л. Фишман, А. Д. Ищенко; заявитель и патентообладатель Научно-исслед. и опытно-констр. ин-т автоматизации черной металлургии. – Заявка № 2332908/25; заявл. 05.03.76; опубл. 25.06.77.
17. **А. с. № 1497507 СССР, МКИ⁴ G 01 N 15/02.** Измеритель крупности материала [Текст] / А. Д. Ищенко. – Заявка № 4195156/29-25; заявл. 17.02.87; опубл.30.07.89. Бюл. № 28.
18. **Топчаев, В. П.** Совершенствование конструкции гранулометра «ПИК-074» и опыт его использования в различных производствах [Текст] / В. П. Топчаев, Л. К. Зинина, М. В. Лапидус // III-й конгресс обогащения

- лей стран СНГ: тезисы докладов. – М. : Альтекс, 2001. – С. 204.
19. Пат 2212703 Российская Федерация, МПК⁷ G 05 D1 1/00. Способ контроля крупности сыпучих материалов и устройство для его осуществления [Текст] / А. Л. Рутковский, О. В. Жуковецкий, М. Э. Багаева; заявитель и патентообладатель Сев.-Кавказ. гос. технол. ун-т, науч.-произв. комплекс «Югцветметавтоматика». – № 2001112392/09; заявл. 04.05.2001; опубл. 20.09.2003.
 20. Мяздриков, О. А. Дифференциальные методы гранулометрии [Текст] / О. А. Мяздриков. – М. : Металлургия, 1974. – 206 с.
 21. Reetz, A. Entwicklung lines Systems zur automatischen Granulatfestigkutsprufiing [Text] / A. Reetz // Chem.-Ing.-Techn. – 1994. – No. 8. – Pp. 1016-1018.
 22. Browne, I. On-line particle size analysis of bulk materials for the steel industry [Text] / I. Browne, K. Lieber, T. Bourke // Steel Times. – 1997. – Vol. 225, No. 11. – Pp. 442-444.
 23. Application 3257107 Japan, ICI⁵ C 21 B 5/00. Method and device for regulation of granulometric composition of change materials, loading in the blast furnace [Text] / S. Matsubara, M. Sakurai, S. Takasi. Ppatentee Nippon Kokan k.k. – No. 2-54539; pat. 06.03.90; publish. 15.11.91 // Косај Tookke Кохо. – 1991. – Ser. 3(4), Vol. 70. – Pp. 37-41.
 24. Application 324236 Japan, ICI⁵ C 22 B 1/20. Production of agglomerate [Text] / R. Hakadzima, S. Kicimoto, S. Kurosavo, T. Kadzuta. Patentee Nippon Kokan k.k. No 1-159891; заявл. 22.06.89; опубл. 01.02.91 // Косај Tookke Кохо. 1991. – Ser. 3(4), No. 7. – Pp. .201-204.
 25. А. с. 1539597 СССР, МКИ⁴ G 01 № 15/02. Устройство для измерения гранулометрического состава [Текст] / И. И. Солуянов, Т. П. Дивакова (СССР). – № 4299203/23; заявл. 27.08.87; опубл. 30.01.90, Бюл. № 4.
 26. Neuhaus, W. Optisches Prufsystem untersucht Kunst-stoffgranulat [Text] / W. Neuhaus, H. Glockler, M. Sariboga // Maschinenmarkt.- 1994. – Heft. 100, Lie. 33. – S. 32-33.
 27. Moretti, J. M.. Measure optique de la granulometrie des matieres charges au haut foumeau [Text] / J. M. Moretti, F. Tondo. // Rev. met. – 1990. – No. 12. – S. 1093-1100.

Пазюк Михаил Юрьевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой автоматизированного управления технологическими процессами Запорожской государственной инженерной академии (Запорожье, Украина). E-mail: kafedra_autp@ukr.net

Миняйло Наталья Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированного управления технологическими процессами Запорожской государственной инженерной академии (Запорожье, Украина). E-mail: minaylo_n_@ukr.net

Романенко Юрий Александрович, аспирант кафедры автоматизированного управления технологическими процессами Запорожской государственной инженерной академии (Запорожье, Украина). E-mail: admin@zgia.zp.ua

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Выполнен сравнительный анализ известных методов и устройств контроля гранулометрического состава сыпучих материалов. Выявлены преимущества и недостатки существующих решений, а также влияние на эффективность применения в современных автоматизированных системах управления технологическими процессами и агрегатами. По результатам теоретических исследований предложено рассмотреть возможность использования оптико-электронного метода для определения гранулометрического состава сыпучих материалов при управлении процессами подготовки сырья для доменной плавки.

Ключевые слова: сыпучий материал, гранулометрический состав, ситовой анализ, пробоотборник, оптико-электронный метод

Pazyuk Mikhail, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of the Automated Control by the Technological Processes of Zaporizhzhia State Engineering Academy (Zaporizhzhia, Ukraine). E-mail: kafedra_autp@ukr.net

Minyajlo Natalia, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of the Automated Control by the Technological Processes of Zaporizhzhia state engineering academy (Zaporizhzhia, Ukraine). E-mail: : minaylo_n_@ukr.net

Romanenko Yuriy, Graduate Student the Department of the Automated Control by the Technological Processes of Zaporizhzhia State Engineering Academy (Zaporizhzhia, Ukraine). E-mail: admin@zgia.zp.ua

ANALYSIS OF EXISTENT METHODS AND DEVICES FOR GRAIN-SIZE DISTRIBUTION CONTROL OF FRIABLE MATERIALS

The comparative analysis of existent methods and devices for grain-size distribution control of friable materials is executed. There are deduced advantages and lacks of existent decisions and their influence on efficiency of application in modern automated systems by control the technological processes and aggregates. On results theoretical researches it is suggested to consider possibility of application optical-electrical method for determination of grain-size distribution of friable materials at a control by the processes of preparation of raw material to the domain melting.

Keywords: friable materials, grain-size distribution, sieve analysis, sampler, optical-electrical method

Стаття надійшла до редакції 30.04.2018 р.
Рецензент, проф. А.М. Ніколаєнко

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука
<http://www.zgia.zp.ua>