



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **153717** (13) **U**  
(51) МПК (2023.01)  
**C22B 1/00**  
**C22B 1/16** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ  
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

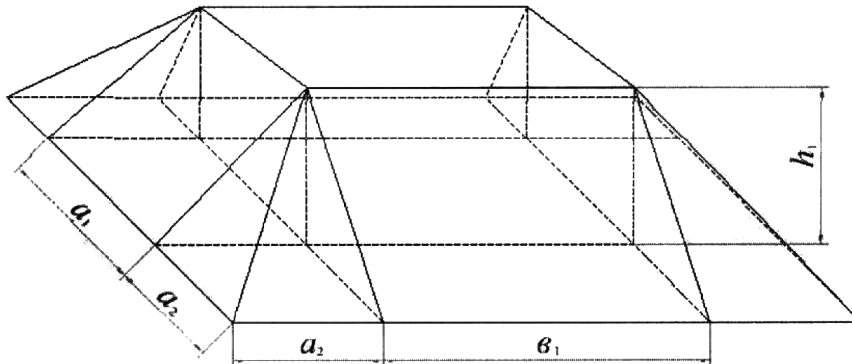
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2023 00521</b>	(72) Винахідник(и): <b>Кравченко Віктор Петрович (UA), Койфман Олексій Олександрович (UA), Сімкін Олександр Ісакович (UA), Мірошніченко Вікторія Ігорівна (UA), Вінковський Марко Сергійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>13.02.2023</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>17.08.2023</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>16.08.2023, Бюл.№ 33</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА", шосе Південне, 80, м. Запоріжжя, Запорізька обл., 69008 (UA)</b>

## (54) СПОСІБ ФОРМУВАННЯ ШТАБЕЛЯ РУДНОЇ СУМІШІ

### (57) Реферат:

Спосіб формування штабеля рудної суміші включає пошарове укладання сировини в штабель. При його формуванні зменшують товщину кожного шару, збільшуючи при цьому загальну кількість шарів в штабелі з урахуванням мінімальної допустимої товщини шару залежно від розмірів штабеля.



Фіг. 1

UA 153717 U

UA 153717 U

Корисна модель належить до області чорної металургії і може бути використана при виробництві залізорудного агломерату, а також знайти застосування в будівельній, хімічній та інших галузях промисловості.

5 Відомий спосіб формування [усереднення] компонентів рудної суміші по методу "шеврон" шляхом поступальної ходи штабелеукладача вздовж центральної лінії штабеля. [Stacker and reclaimer systems for cement plants [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://flsmidth-prod-cdn.azureedge.net/Vmedia/broehures/brochures-products/iiiaterial-handling/stacking-and-reclaiming/stacker-and-reclaimer-systems-for-cement-plants.pdf?rev=b631ba42-6102-4375-8ebb-b7084d5f2815> - Дата звернення: 11.08.2021, С. 3-4].

10 При цьому методі дрібні частинки матеріалу залишаються вгорі, а крупні скочуються вниз, тобто відбувається сегрегація матеріалу.

Також відомий спосіб усереднення компонентів агломераційної шихти, який включає пошарове укладання сировини до штабеля, що складається з двох рівних частин, причому сировину у частині штабеля, що формується, укладають безпосередньо в торець сформованої частини, а формування частини штабеля завершується до закінчення забору у виробництво вже сформованої частини штабеля [Спосіб усереднення компонентів агломераційної шихти. Корисна модель UA55933, 27.12.2010, С22В 1/16].

Недоліком цього способу усереднення є сегрегація матеріалів шихти по боковим граням штабеля.

20 Як найближчий аналог вибрано валковий спосіб усереднення суміші шляхом розсипання матеріалу рудно-грейферними перевантажувачами вздовж штабеля, але не по одній центральній лінії, а по всій його площі [Усреднительные комплексы для подготовки железорудного сырья к металлургическому переделу: Монография / Л.Н. Саитгареев, В.А. Мартыненко, С.Г. Савельев [и др.]. - Д.: Пороги, 2012. - С. 63-64].

25 Різновидом валкового методу є штабелювання із одного джерела, але смугами вздовж, або поперек штабеля по всій його ширині.

До причин, які перешкоджають досягненню бажаного технічного результату у прототипі та обумовлені сукупністю притаманних йому ознак, відносяться такі: відомий спосіб не допускає розділення фракцій і тим самим забезпечує рівномірне розподілення дрібних та крупних частинок матеріалу, якщо штабель закритий, але при відкритому штабелі утворюються додатково бокові грані, по яким матеріал зсипається і, таким чином, частина його сегрегується.

Для корисної моделі поставлено вимоги: для аглофабрик заданої продуктивності і з заданим набором основних компонентів рудної суміші знайти оптимальну структуру штабеля і технологію його формування, яка б забезпечувала максимальну ефективність осереднення по основному елементу.

35 В основу корисної моделі поставлена задача яка полягає у створенні об'єкта, характеристики якого відповідають заданим вимогам. Цим об'єктом є спосіб, що заявляється.

40 Поставлена задача вирішується тим, що пропонується спосіб формування штабеля рудної суміші, який включає в себе пошарове укладання сировини в штабель, відрізняється тим, що при його формуванні зменшують товщину кожного шару, при цьому збільшуючи загальну кількість шарів в штабелі з урахуванням мінімальної допустимої товщини шару залежно від розмірів штабеля.

Організація формування штабеля відповідно до запропонованого винаходу дозволить забезпечити максимальну ефективність осереднення по основному елементу - залізу.

45 Доказ впливу сукупності суттєвих ознак, достатніх для досягнення технічного результату, який забезпечує корисну модель, тобто перебування даної сукупності суттєвих ознак у причинно-наслідковому зв'язку із зазначеним результатом, а також відомості, які підтверджують можливість здійснення корисної моделі наведено нижче.

50 Для виробництва агломерату необхідно підготувати сировину - аглошихту, яка складається із певних матеріалів (компонентів). Компонентами аглошихти є рудна суміш (залізорудна складова), вапняк, доломіт, тверде паливо (коксик, антрацит) та повернення (дрібного некондиційного агломерату від попереднього спікання). Кінцевий склад аглошихти формується у шихтовому відділенні шляхом дозування вапна, палива, повернення агломерату та рудної суміші. Сама рудна суміш, яка складається із залізорудного концентрату, руди, вапна, добавок та відходів металургійного виробництва (шлами, колошниковий пил тощо), формується на спеціальному майданчику аглофабрики - рудному дворі. Основна вимога до рудної суміші - це однорідність хімічного та фракційного складу. Тому на рудному дворі виконують операції змішування та осереднення по хімічному складу всіх складових рудної суміші і формування із них штабеля готової суміші.

Рудна суміш, яка готується на рудному дворі, повинна мати заданий хімічний склад по основному елементу (залізу). Для цього, знаючи вміст заліза у всіх компонентах, розраховують долі  $\alpha_i$  кожного компонента, які треба закласти у штабель, щоб одержати заданий вміст заліза у ньому. Всі штабелі рудного двору повинні мати заданий однаковий об'єм  $V_{шт}$ . Тоді об'єми компонентів визначаються як  $V_i = \alpha_i \cdot V_{шт}$ .

Показником ефективності змішування і осереднення суміші сипучих матеріалів є коефіцієнт ефективності  $K_{еф}$ . Цей коефіцієнт визначається відношенням стандартних відхилень по вмісту основного елемента при подачі на штабель до стандартного відхилення цього вмісту при розборі штабеля:

$$K_{еф} = \frac{\sigma_{вх}}{\sigma_{вих}}$$

Стандартне відхилення  $\sigma$  зменшується при збільшенні кількості  $n$  шарів матеріалу в процесі його штабелювання та при їх послідовному вийманні із штабеля. Теоретично (без урахування структури часток сипучого матеріалу) ефект змішування при розборі первинного штабеля пропорційний квадратному кореню із кількості шарів  $n_i$  вийнятих одночасно ковшем роторного первантажувача при формуванні вторинного штабеля:

$$K_{еф} = \frac{\sigma_{вх}}{\sigma_{вих}} = k \sqrt{n_i}$$

Це означає, що при формуванні штабеля треба намагатись зменшувати товщину шару  $h_i$  кожного компонента суміші і таким чином збільшувати їх загальну кількість  $n$  при формуванні первинного штабеля.

Форма штабелів рудного двору визначається технологічною схемою (методом) його формування. При насипанні штабеля по одній центральній подовжній лінії (метод "шеврон") це буде призма з боковими півконусами.

При насипанні штабеля пошарово смугами певної товщини і ширини вздовж, або поперек штабеля по всій заданій площі його основи (валковий метод), будемо мати усічену призму з певними розмірами верхньої площини штабеля з двома торцевими півпризмами і чотирима частинами чотирикутної піраміди (див. фіг. 1, де зображено склад об'єму штабеля при пошаровому його формуванні валковим методом).

При формуванні штабеля суміші декількох компонентів необхідно вирішувати наступні задачі:

1) визначення загальної маси  $G_{шт}$  (об'єму  $V_{шт}$ ) штабеля, який би забезпечував безперебійне постачання суміші основному виробництву протягом заданого часу;

2) визначення габаритних розмірів штабеля в межах, припустимих для даного рудного двору;

3) визначення мінімально припустимої товщини шарів компонентів  $h_i$  при формуванні штабеля, щоб забезпечити оптимальну ефективність осереднення.

Згідно з проектом, рудний двір має певні припустимі максимальні розміри нижнього периметра - ширину  $a$  та довжину  $b$  первинного штабеля. При формуванні штабеля валковим методом необхідно визначити розміри основи  $a_1$  та  $b_1$ , на якій будуть смугами укладатися компоненти суміші і яка стане поверхнею готового штабеля. Ці розміри повинні визначатись з урахуванням мінімізації кількості матеріалу, який зсипається по боковим граням, тобто з мінімізацією кількості сегрегованого матеріалу. Оскільки відстань  $a_2$ , на яку зсипається матеріал, залежить від висоти його зсипання та кута природнього відкосу суміші  $\alpha$ , то для зменшення цієї відстані треба зменшувати висоту штабеля  $h_1$ . Але, з іншого боку, зменшення висоти  $h_1$  призводить при заданому об'ємі штабеля до збільшення розмірів основи  $a_1 \times b_1$  і, як наслідок, до збільшення загальної площі штабеля. Тому при розрахунках штабеля задаємо максимально можливу ширину основи  $a_1$  та мінімально можливу висоту  $h_1$ , а потім, з урахуванням загального об'єму штабеля  $V_{шт}$ , знаходимо довжину основи  $b_1$ .

Для заданих  $V_{шт}$ ,  $a_1$  та  $h_1$  довжина штабеля визначається:

$$b_1 = \frac{h_1}{(a_1 + 2a_2)}$$

Валковий метод передбачає пошарове укладання поздовжніми або поперечними смугами певної ширини і висоти. Перемішування та осереднення суміші відбувається шляхом пошарового укладання кожного компонента. Спочатку укладається шар основного компонента (залізорудного концентрату). Основним цей компонент є тому, що він має найбільший вміст заліза і найбільший об'єм  $V_1 = \alpha_1 \cdot V_{шт}$ . у штабелі, потім укладається шар компонента з меншою

долею, потім ще з меншою і так до останнього компонента суміші. Таким чином утворюється перша сукупність шарів компонентів суміші, яку назвемо "сендвічем" (фіг. 2).

Для підвищення ступеня осереднення рудної суміші при укладанні штабеля необхідно мати мінімально можливу товщину шару кожного компонента  $h_i$ , тобто, мінімально можливу товщину "сендвіча". Але це завдання має певні обмеження, які обумовлені, як характеристиками устаткування рудного двору, так і часом формування штабелів.

Розглянемо схему формування такого штабеля пошарово поперечними смугами.

Стакер вивантажує компонент зі свого конвеєра поперечними смугами шаром певної, для кожного компонента, товщини  $h_i$  в номінальних межах основи  $a_1 \times b_1$ . Хай швидкість руху стрічки стріли - конвеєра поперек штабеля  $v_{стр. шт.}$  [м/с], а об'ємна продуктивність стакера  $Q_{ст.пот i}$  [м<sup>3</sup>/с]. Тоді в кожну секунду на штабель падає матеріал об'ємом

$$Q_{ст.пот} = S v_{стр. шт.},$$

який має на штабелі смугу висотою  $h_i$  і шириною  $\delta_i$ . Ця смуга має у профілі трикутник висотою  $h_i$  та шириною  $\delta_i$  (Фіг. 3).

Звідси, знаючи  $Q_{ст.пот i}$  та  $v_{стр. шт.}$ , знаходимо потрібну товщину шару смуги даного компонента

$$h_i = \sqrt[3]{Q_{ст.пот i} \frac{tg \alpha}{v_{стр.шт.}}}$$

Висота смуги  $h_i$  визначає мінімально можливу для даних умов ( $Q_{ст.пот i}$  і  $v_{стр. шт.}$ ) висоту смуги  $i$ -го компонента в штабелі, тобто, в кінцевому підсумку, ефективність осереднення матеріалів в штабелі.

Визначимо ефективність осереднення рудної суміші у штабелі коефіцієнтом  $K_{одн.}$ . Цей коефіцієнт є відношенням середньої концентрації в "сендвічі" елемента, або речовини, по якій визначається однорідність до товщини цього "сендвіча", тобто:

$$K_{одн} = \frac{m}{\int_{i=1}^m h_i} \rightarrow \max$$

Чим менше товщина шару компонентів в "сендвічі", тобто чим тонше "сендвіч" тим більше коефіцієнт  $K_{одн}$  і тим однорідніша суміш по даному елементу або речовині. Таким чином, для оптимізації однорідності рудної суміш при формуванні штабеля необхідно досягати максимально можливого значення цього коефіцієнта.

Маючи вирази для параметрів смуг (висота і ширина) матеріалу на штабелі і на стрічці конвеєра, можна визначити тип конвеєрів стакера (площинні, або жолобчасті) і їх технічні параметри - потрібну продуктивність  $Q_{ст.пот i}$ , швидкість руху стріли-конвеєра поперек штабеля  $v_{стр. шт.}$  і швидкість руху його стрічки  $v_{стр.}$ .

Для формування штабеля по валковій технології з пошаровим укладанням компонентів рудної суміші з мінімально можливою товщиною необхідно, щоб конструкція стакера забезпечувала:

переміщення самого стакера вздовж штабеля з заданою швидкістю

задану швидкість руху стрічки його конвеєрів  $v_{стр.}$ ;

переміщення стріли - конвеєра поперек штабеля зі швидкістю  $v_{стр. шт.}$ ;

піднімання стріли - конвеєра до висоти на 0,5 м вище висоти штабеля

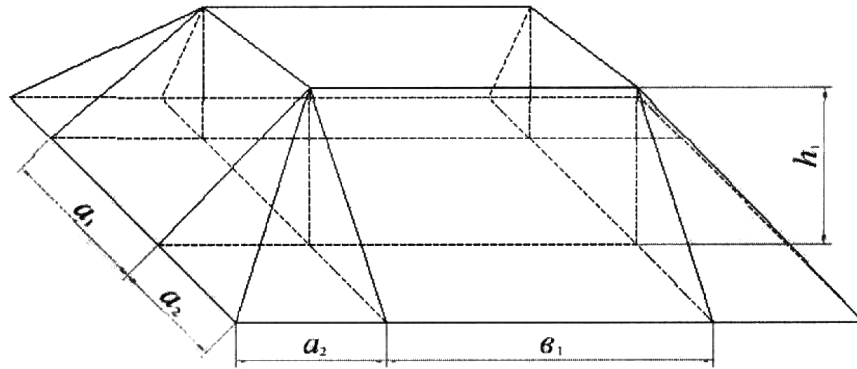
Потрібна продуктивність стакера  $Q_{ст.пот i}$  розраховується по заданому об'єму  $i$ -го компонента  $V_i$ , який, згідно з розрахунком хімічного складу рудної суміші, має найбільшу долю  $a_i$  у суміші, і з урахуванням заданого об'єму штабеля  $V_{шт}$  та терміну його формування  $t_{шт}$ . Швидкість руху стріли - конвеєра поперек штабеля  $v_{стр. шт.}$ , а також швидкість руху стрічки конвеєрів стакера  $v_{стр.}$  визначаються як заданою продуктивністю стакера по кожному компоненту, так і технічними нормами, на проектування конвеєрів.

Використання запропонованого способу формування штабеля рудної суміші дозволить забезпечити максимальну ефективність усереднення по основному елементу (залізу) залежно від мінімальної припустимої товщини шарів компонентів при формуванні штабеля з визначенням габаритних розмірів штабеля в межах, припустимих для даного рудного двору.

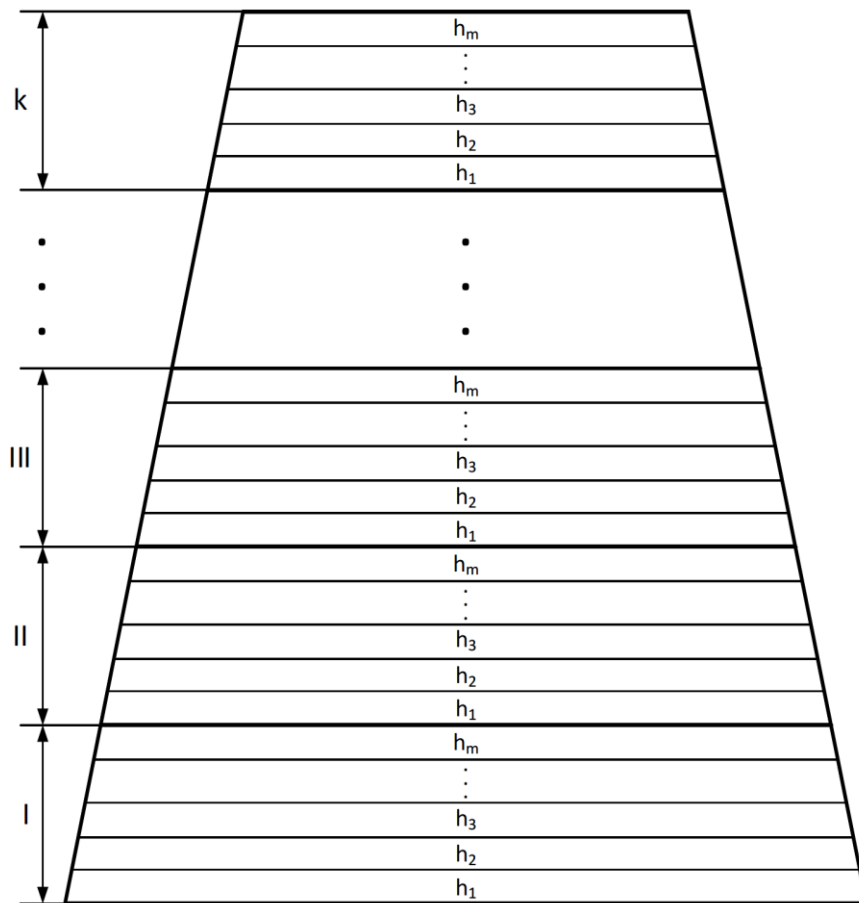
#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб формування штабеля рудної суміші, що включає пошарове укладання сировини в штабель, який **відрізняється** тим, що при його формуванні зменшують товщину кожного шару,

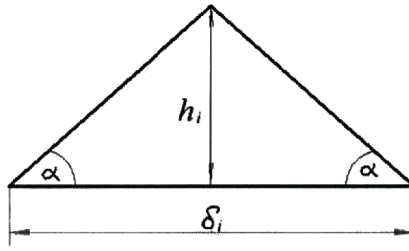
збільшуючи при цьому загальну кількість шарів в штабелі з урахуванням мінімальної допустимої товщини шару залежно від розмірів штабеля.



Фиг. 1



Фиг. 2



**Fig. 3**