

До Спеціалізованої вченої ради
Д 08.084.03 при Національній
металургійній академії України
49600, м. Дніпро, пр. Гагаріна, 4.

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Баюла Костянтина Васильовича «Розвиток наукових основ створення валкових пресів з розширеними технологічними можливостями та збільшеним ресурсом експлуатації», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.08 «Машини для металургійного виробництва».

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

При виїмці, збагаченні та транспортуванні корисних копалин для їх подальшого використання в металургії та енергетиці утворюється значна кількість тонких класів, яка, за самими наближеними підрахунками, сягає 6...8%. Крім того, основою сировинної бази металургійної промисловості є дрібнозернисті руди та концентрати, які представляють собою продукти глибокого збагачення, оборотні матеріали, техногенні відходи, які раніше не залучались до переробки. Необхідність використання даних матеріалів пояснюється питаннями необхідності покращення екологічного стану навколо підприємств, конкуренцією на ринку сировини та кількісним вмістом цінних компонентів в цих матеріалах.

В більшості технологічних процесів дрібнофракційна та пилоподібна сировина потребує окускування для її подальшого використання у виробництві. Основними технологічними процесами для виробництва окускованої металургійної сировини традиційно є агломерація та виробництво окатишів. Але існує цілий клас матеріалів, які неможливо в повному обсязі залучити у виробництво зазначеними методами.

Наприклад, крупність концентратів, одержуваних на ряді гірничо-збагачувальних підприємств, які переробляють бідні руди, змінюється в межах: від 95% класу 74 мкм до 95% класу -44 мкм, що ускладнює їх окускування методом агломерації.

Відсівні феросплавів фракції -5мм можливо залучити повторно до процесу виробництва агломерату для феросплавної промисловості, але такий підхід не ефективний з економічної та технологічної точки зору.

Переробка металургійних шламів та пилу в агломераційному процесі теж має свої обмеження, так значний вміст дрібних і пиловатих фракцій в шихті негативно позначається на експлуатаційних характеристиках агломашин – існує обмеження по використанню таких типів матеріалів, приблизно, до 120 кг/т агломерату.

На коксохімічних підприємствах накопичується велика кількість тонкодисперсних відходів, таких як коксовий дріб'язок, коксовий пил, які не

знаходять раціонального застосування, але є цінним паливом з високим вмістом вуглецю.

І це, доречи, лише окремі приклади матеріалів, які не можуть бути перероблені традиційними методами окускування, до подібних матеріалів ще можна віднести прокатну окалину, різні види металевих стружок, дрібні та пилоподібні фракції вапна, вапняку, бурого вугілля і т.д.

В таких умовах доцільним є використання технологій окускування сировинних матеріалів методом холодного брикетування в валкових, який, до речі, на 20-30% нижче собівартості процесу гарячої агломерації та дозволяє окусковувати полідисперсні шихтові суміші із заданим хімічним та компонентним складом.

В забезпеченні ефективної реалізації технології брикетування найбільш важливим є правильний вибір конструктивного виконання пресового обладнання для її реалізації. Успішність реалізації конкретної, або декількох схожих технологій брикетування з використанням однієї модифікації валкового преса визначається цілим рядом її конструктивних параметрів: геометричними параметрами валків та виконаних на їх робочих поверхнях формуючими елементами, конструктивними параметрами лінії приводу, несучих елементів, захисних пристроїв, характеристиками матеріалів з яких виконані деталі та вузли, оснащенням системами контролю та управління. Тому дисертаційна робота Баюла К.В. є безперечно актуальною, а вирішені в ній наукові та прикладні питання дозволяють створювати ефективні валкові преси для брикетування дрібнофракційних матеріалів в металургії та суміжних галузях промисловості.

2. Наукова новизна отриманих результатів.

В дисертаційній роботі Баюла К.В. виконані дослідження по вдосконаленню науково обґрунтованих підходів та методів створення високоефективного пресового обладнання для брикетування дрібнофракційної сировини.

1. Вперше встановлено взаємозв'язки та отримано аналітичні залежності величини зносу бандажів та технологічних параметрів процесу брикетування. На основі отриманих залежностей розроблено новий метод прогнозу оцінки технологічних параметрів процесу брикетування при різному ступеню зносу бандажів, що дозволяє розробити технологічні та технічні рішення для підвищення ресурсу експлуатації бандажів валкових пресів.
2. Вперше встановлено взаємозв'язки між напруженнями в ущільнюваній шихті та пружною післядією з урахуванням конфігурації формуючих елементів валкових пресів. На основі отриманих залежностей розроблено експериментально-аналітичний метод та математичну модель визначення величини і оцінки впливу пружної післядії на якість брикетів. Використання методу дозволяє визначати раціональні геометричні параметри формуючих елементів та моделювати нові типи їх модифікації.

3. Встановлені зв'язки геометричних параметрів формуючих елементів з параметрами брикетування та показниками експлуатації бандажів валкових пресів. На основі встановлених зв'язків з використанням методу аналізу ієрархій розроблено комплексний метод визначення раціональної конфігурації формуючих елементів валкових пресів. Використання методу дозволяє виконувати вибір раціональної конфігурації формуючих елементів з врахуванням процесу брикетування та режимів роботи пресового обладнання.
4. Розвинені уявлення про вплив швидкості пресування шихти в осередку валкового преса на параметри процесу брикетування. Встановлено закономірність зміни опору шихти стисканню, яка в загальному випадку описується рівнянням $p = k_n \cdot a \cdot Ku^b$, де k_n – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив швидкості пресування. Отримані з урахуванням розрахованого поправочного коефіцієнту криві ущільнення, що є інтегральними відображеннями властивостей шихти, дозволяють для обраної швидкості пресування визначити тиску, що розвивається в осередку деформації та максимально можливий коефіцієнт ущільнення.
5. Отримали подальший розвиток теоретичні уявлення про зв'язок конструктивних параметрів шнекового підпресовника з параметрами брикетування у валковому пресі. Створено математичну модель визначення раціональних параметрів шнекового підпресовника, яка враховує фізико-механічні властивості ущільнюваної шихти та режими роботи валкового преса.
6. Вперше розроблено основні положення створення валкових пресів на основі структурно-параметричного синтезу та аналізу. Запропонована ієрархічна структура декомпозиції валкових пресів, яка заснована на класифікації їх компоновальних і конструктивних рішень. Розроблено алгоритм структурно-параметричного синтезу до пошуку раціональної конструкції валкових пресів.

Практичне значення результатів роботи.

Результати роботи використані при створенні технологій та валкових пресів для брикетування дрібнофракційних сировинних матеріалів:

- розроблена конструкторська, технічна документація та рекомендації щодо виготовлення вдосконалених конструкцій валкових пресів (ДП «Експериментально-виробниче підприємство Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України за участю підприємств-партнерів);
- технології брикетування карбиду кремнію та вдосконаленої конструкції валків преса (ТзОВ «П'ятихатський завод металургійних сумішей»);
- експериментально-промислового шнекового підпресовника валкового преса для брикетування вуглецевих енергетично цінних дрібнофракційних матеріалів (ТзОВ «Промбрикет»).

3. Достовірність наукових положень дисертаційної роботи.

Наукові положення, висновки та рекомендації, що містяться в дисертаційній роботі в достатній мірі є обґрунтованими. Здобувачем

виконаний глибокий теоретичний аналіз та експериментальні дослідження процесів: зношення робочих поверхонь валків та впливу величини зносу на параметри процесу брикетування; впливу швидкості пресування та пружної післядії на характеристики формування брикетів в валкових пресах; проектування та вибору раціональних параметрів валкових пресів.

До того ж обґрунтованість та достовірність результатів підтверджується тим, що при виконанні роботи використовувались сучасні методи досліджень: математичне моделювання; базові методи теорії тертя та зношування; методи експериментальної механіки; метод аналізу ієрархій; методи математичної статистики.

Повнота викладення результатів досліджень у публікаціях.

За темою дисертації опубліковано 56 робіт, у тому числі: 20 статей в спеціалізованих наукових виданнях, затверджених ДАК України, 12 статей в науково-технічних, в тому числі іноземних виданнях, 16 тез та матеріалів доповідей на наукових конференціях, 2 патенти України, 5 статей, що увійшли до наукометричної бази даних Scopus та 1 стаття, що входить до бази Web of Sciences.

4. Оцінка змісту дисертаційної роботи та її завершеності.

Дисертація складається із вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатку. Робота має загальний обсяг 438 сторінки, містить додатків на 23 сторінках, 154 ілюстрації, 62 таблиці. Список використаних джерел складається з 214 найменувань.

У вступі обґрунтована актуальність дисертаційної роботи, сформульовані мета і завдання дослідження, відображена наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, наведено дані про апробацію та публікацію результатів дослідження, визначено особистий внесок здобувача.

У першому розділі виконано аналіз конструктивних та технологічних параметрів валкових пресів. Сформульована узагальнена класифікацію валкових пресів за технологічними та конструктивними параметрами.

Досліджено взаємозв'язок конструктивних та технічних рішень з показниками їх ефективності валкових брикетних пресів. В результаті виконаного аналізу інформації підтверджена актуальність досліджень зі створення сучасних науково обґрунтованих методів проектування валкових пресів, на підставі чого визначені цілі та задачі роботи.

У другому розділі виконані дослідження впливу зносу бандажів валкових пресів на параметри процесу пресування на базі встановлення взаємозв'язків між контактними напруженнями на робочих поверхнях бандажів, характером і величиною їх зносу та параметрами брикетування.

Розроблено новий розрахунково-аналітичний метод оцінки зносу бандажів валкових пресів на різних стадіях експлуатації, який включає математичну модель для побудови топограм зносу.

Встановлено взаємозв'язки у вигляді графічних та аналітичних залежностей між величиною зносу бандажів та параметрами брикетування.

Запропонована експлуатаційна карта комплекту бандажів валкового брикетного преса, яка дозволяє накопичити інформацію та містить рекомендації щодо раціонального використання бандажів валкових пресів впродовж їх експлуатації.

В третьому розділі досліджено вплив конфігурації формуючих елементів валкових пресів та фізико-механічних властивостей шихти на пружну післядію в брикетах. Створено експериментально-аналітичний метод оцінки впливу конфігурації формуючих елементів та пружної післядії на якість брикетів, заснований на побудові епюр розподілу напружень, пружної післядії і щільності після пружного розширення

На основі аналізу епюр розподілу пружної післядії та щільності в брикетах спроектований новий формуючий елемент, який знижує негативний вплив пружної післядії на якість брикетів.

У четвертому розділі теоретично досліджено взаємозв'язок між величиною ущільнення та тиском пресування з урахуванням швидкості пресування шихти у міжвалковому просторі. Запропоновано рівняння, що описує даний зв'язок $p = k_n \cdot a \cdot Ky^b$, де k_n – поправочний коефіцієнт. На базі даного рівняння створено експериментально-аналітичний метод, який дозволяє для обраної швидкості пресування визначити величину тиску, що розвивається в осередку деформації і, відповідно, максимально можливий коефіцієнт ущільнення.

У п'ятому розділі виконано дослідження зв'язків конструктивних та технологічних параметрів шнекового підпресовника валкового преса.

З урахуванням фізико-механічних властивостей шихти та геометричних параметрів осередку деформації у міжвалковому просторі сформульовані вимоги для визначення необхідності використання шнекового підпресовника у складі конструкції валкового преса. Запропоновано вирази, які дозволяють визначити коефіцієнт попереднього ущільнення шихти у шнековому підпресовнику та його енергосилові параметри.

Встановлено взаємозв'язки між конструктивними та технологічними параметрами шнекового підпресовника валкового пресу, на основі яких розроблено аналітичний метод та алгоритм визначення його раціональних конструктивних рішень.

У шостому розділі отримав розвиток комплексний метод вибору раціональних конструктивних рішень валкових пресів з використанням основних положень теорії проектування. Сформульовані підходи щодо використання структурно-параметричного синтезу та аналізу до рішення задачі пошуку раціональних конструкцій валкових пресів. Розроблено ієрархічну структуру декомпозиції валкових пресів, яка заснована на класифікації їх компонувальних та конструктивних рішень. Розроблено алгоритм структурно-параметричного синтезу та спосіб його реалізації стосовно до пошуку раціональної конструкції валкових пресів.

На базі трансформованого методу аналізу ієрархій розроблено метод, який реалізує комплексний системний підхід до визначення раціональної конфігурації формуючих елементів бандажів валкових пресів, створений.

У сьомому розділі наведена інформація щодо практичної реалізації результатів досліджень. Створено нові модифікації валкових пресів конструкції ІЧМ: прес з гравітаційною подачею шихти в осередок деформації з шириною робочої поверхні валків (2×360 мм) для досягнення високої продуктивності; прес з шириною робочої поверхні валків (2×202 мм) оснащений підпресовниками шнекового типу, для брикетування матеріалів з малою насипною щільністю ($0,6 \leq \text{г/см}^3$); прес, скомпонований за модульним принципом, та призначений для виробництва брикетів, в тому числі, з композитних дрібнофракційних сировинних матеріалів з високою насипною щільністю ($\geq 0,6 \text{ г/см}^3$) при гравітаційній подачі матеріалу в валки, а також матеріалів, що мають малу насипну щільність ($0,2 \dots 0,6 \text{ г/см}^3$) при оснащенні преса шнековим підпресовником.

5. Зауваження до дисертаційної роботи

1. В актуальності роботи сформульована проблема вирішувана в роботі. Але, на мій погляд, доцільно було б її розвинути більш чітко окресливши те, якими шляхами вона вирішується в роботі.
2. В другому розділі в формулах (2.22) та (2.23) є складові – приведений діаметр валків та середня товщина брикету. Є посилання на джерело даних формул але не пояснюється як визначаються вказані складові. Це було б доречно вказати.
3. В роботі прийняте усереднене значення питомої інтенсивності значення для досліджуваних металургійних сировинних дрібнофракційних матеріалів рівне $6,642 \times 10^{-5}$. Зрозуміло що це припущення, та на визначення якісної картини зносу не впливає. Але для різних матеріалів даний показник буде дещо різним, що вплине на точність визначення швидкості зношення бандажів. В подальшому це слід дослідити.
4. В таблиці 3.1. наведено фізико-механічні характеристики досліджуваних матеріалів, серед яких є твердість частинок за шкалою Мооса. Далі вона ніде не використовується, тому її не потрібно наводити.
5. Дослідження впливу швидкості пресування на параметри процесу брикетування виконані лише для одного типу формуючих елементів, але було б доречно дослідити вплив зміни конфігурації на дане явище.
6. На початку сьомого розділу наведено інформацію про впровадження валкових пресів ІЧМ, в яких приймав участь автор, та які є базою для нових розробок виконаних в дисертаційній роботі. Цю інформацію доречно було б розмістити в першому розділі.
7. В формулі (4.1) є коефіцієнт в'язкості повітря μ , або динамічна в'язкість. Треба було б навести його значення в розшифруванні складових виразу так, як це зроблено для виразу (4.8) де складовою є кінематична в'язкість повітря ν_r , для якої наведено її значення.
8. В п'ятому розділі досліджено зв'язки між параметрами роботи шнекового підпресовника та його конструктивними параметрами, розглянуто режим

роботи без попереднього підпору, але це один з резервів розширення технологічних можливостей преса, який бажано б було дослідити.

9. В шостому розділі для вибору раціональної конструкції робочих поверхонь валків преса запропонований трансформований метод аналізу ієрархій, що цілком доречно, але не достатньо обґрунтовано, чому саме він обраний, а не нейронні сіті або генетичні алгоритми.
10. В сьомому розділі для кріплення бандажів на ступиці валу запропоновано замість клинових кілець використовувати швидкоз'ємні затискні втулки. Переваги та недоліки клинових кілець вказані, а для швидкозатискних втулок цього не зроблено.

6. Висновок про відповідність дисертації вимогам п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 №567.

Дисертаційна робота Баюла К.В. є цілісною завершеною працею, яка вирішує важливу науково-технічну проблему – розвиток методів проектування для створення валкових брикетних пресів з розширеними технологічними можливостями та збільшеним ресурсом експлуатації.

Робота має наукове та практичне значення і за ступенем теоретичних та практичних положень, достовірністю наукових результатів

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.05.08 «Машини для металургійного виробництва» та пп. 9,10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння наукового звання старшого наукового співробітника».

Автор дисертаційної роботи Баюл Костянтин Васильович заслуговує присудження наукового ступеню доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.08 «Машини для металургійного виробництва».

Офіційний опонент, доктор технічних наук, професор завідувач відділу механіки машин і процесів переробки мінеральної сировини Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України

 Надутий В.П.

Підпис Надутого В.П. засвідчую:
Вчений секретар Інституту
геотехнічної механіки
ім. М.С. Полякова Національної
академії наук України, доктор
технічних наук, професор



Шевченко В.Г.