

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 –
Машина для металургійного виробництва.**

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

За масштабами негативного впливу на навколишнє середовище чорна металургія займає четверте місце серед інших галузей промисловості. В Україні щорічно утворюється близько 1 млрд. т. техногенних відходів, з яких лише 10-15% використовуються як вторинні сировинні ресурси, інші накопичуються у різних сховищах.

Використання вторинних сировинних матеріалів є джерелом дешевої сировини для металургійного виробництва, дозволяє зменшити витрати на виробництво, та сприяє покращенню екологічного стану регіонів в яких присутні гірничодобувні та металургійні підприємства.

В даний час переробка більшості дрібнофракційних та пиловидних відходів металургії здійснюється шляхом їх використання в складі агломераційної шихти. Однак, застосування відходів в компонентах агломераційних шихт обмежено, а деяких зовсім неможливо за технологічними умовами.

До того ж, існують деякі види збагачених первинних природніх сировинних матеріалів, які за своїми фізико-хімічними властивостями не можуть бути використані в агломерації та при виробництві окатишів, але потребують окускування для подальшого використання в якості металургійної сировини.

Враховуючи сказане процес брикетування в ряді технологічних умов є доповненням, або альтернативою агломерації. До того ж відомі приклади використання брикетування, як допоміжної технології в агломераційному процесі для виробництва попередньо ущільненого матеріалу, що подається на агломашину.

На сьогодні в технологіях виробництва брикетованої металургійної сировини набуває актуальності отримання багатокомпонентних брикетів із заданим компонентним та хімічним складом. Також актуальною є необхідність гнучкої зміни технології процесу для переорієнтації на виробництво нових за розмірами та складом брикетів. До того ж різні

підприємства мають різні потреби в обсягах виробництва брикетів – від 1т/годину до 50т/годину.

В таких умовах актуальним є створення валкових брикетних пресів з розширеними технологічними можливостями. Такі преси дають змогу забезпечити широкий діапазон продуктивності та можливість окускування багатокомпонентних дрібнофракційних шихт з отриманням брикетів заданих форм та об'ємів.

Дисертаційна робота Баюла Костянтина Васильовича відповідає напрямку вирішення наведених актуальних питань та присвячена вирішенню важливої науково-технічної проблеми створення валкових пресів з широкими технологічними можливостями та збільшеним ресурсом експлуатації для брикетування дрібнофракційних сировинних матеріалів в металургійній та суміжних галузях промисловості.

Практичні результати роботи частково впроваджені на підприємствах та мають потенціал до подальшого використання в промисловості, а саме впроваджені валкових пресів, їх модернізованих деталей та вузлів, рекомендацій щодо відновлення та подовження ресурсу експлуатації елементів пресового обладнання.

2. Наукова новизна отриманих результатів.

В дисертаційній роботі виконано комплекс теоретичних та експериментальних досліджень, направлених на розвиток наукових основ 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. Використання запропонованого методу дозволить підвищити ресурс експлуатації бандажів валкових пресів.
2. Вперше встановлено взаємозв'язки між напруженнями в ущільнюваній шихті і пружною післядією з урахуванням конфігурації пресуючих поверхонь. 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 технологічними параметрами процесу брикетування та показниками експлуатації бандажів валкових пресів. На основі встановлених зв'язків з використанням трансформованого методу аналізу ієрархій розроблено комплексний метод визначення раціональної конфігурації формуючих елементів бандажів валкових пресів. Використання методу дозволяє обґрунтувати вибір раціональної конфігурації формуючих елементів з декількох можливих варіантів.

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 $p = k_n \cdot a \cdot Ky^b$, 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 (частоти обертання валків) оцінити величину тиску, що розвивається в осередку деформації і, відповідно, максимально можливий коефіцієнт ущільнення.
5. Отримали подальший розвиток теоретичні уявлення про взаємозв'язок конструктивних параметрів шнекового підпресовника з параметрами процесу брикетування у валковому пресі. Запропоновано математичну модель визначення раціональних конструктивних і енергосилових параметрів шнекового підпресовника, яка враховує фізико-механічні властивості шихти, що брикетується, режими роботи валкового преса та дозволяє обґрунтувати умови застосування підпресовника.
6. Вперше розроблено основні положення створення конструкцій валкових пресів на основі структурно-параметричного синтезу та аналізу. Запропонована ієрархічна структура декомпозиції валкових пресів, яка заснована на класифікації їх компоновальних і конструктивних рішень за модульним принципом. Розроблено алгоритм структурно-параметричного синтезу і спосіб його реалізації до пошуку раціональної конструкції валкових пресів. Це відкриває перспективи подальшого розвитку сучасних методів проектування валкових брикетних пресів.

3. 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»).

4. Достовірність наукових положень дисертаційної роботи.

Аналіз дисертації та автореферату Баюла К.В. дозволив встановити, що наукові положення, технічні та технологічні рішення, рекомендації та висновки обґрунтовані та враховують доступні у відкритих інформаційних джерелах результати досліджень інших вчених за тематикою дисертації.

Для вирішення поставлених в роботі завдань використано сучасні методи досліджень, у тому числі, математичне моделювання; при дослідженні

впливу зносу пресуючих поверхонь валків на енергосилові та технологічні параметри брикетування – основні методи теорії тертя та зношування; методи експериментальної механіки при дослідженні процесів зношування валків та пружної післядії в брикетах; метод аналізу ієрархій використаний при дослідженні умов вибору раціональної конфігурації формуючих елементів; методи математичної статистики використані при обробці та аналізі результатів експериментальних та розрахунково-аналітичних досліджень.

Сукупність наведених в роботі експериментальних і теоретичних результатів дозволили здобувачеві розвинути наукові основи створення валкових пресів для брикетування дрібнофракційних сировинних матеріалів, розробити модернізовані деталі та вузли пресового обладнання та створити нові модифікації пресів.

Вище наведене свідчить про те, що обґрунтованість результатів, положень, висновків, технічних та технологічних рішень і рекомендацій, отриманих в дисертаційній роботі, не викликає сумніву.

5. 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.

6. 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, апробація та публікація результатів дослідження, визначено особистий внесок дисертанта.

У першому розділі виконано аналіз конструктивних і технологічних параметрів валкових пресів для переробки дрібнофракційних сировинних матеріалів. Запропоновано узагальнену класифікацію валкових пресів за технологічними та конструктивними параметрами.

Для валкових пресів різних виробників досліджено взаємозв'язок конструктивних та технічних рішень з показниками їх ефективності. Встановлено, що компоновальне рішення валкових блоків суттєво впливає на конструкцію лінії приводу та відповідно на значення металоємності, енергоємності та ресурсу експлуатації.

В результаті виконаного аналізу технічної інформації підтверджена актуальність досліджень по створенню сучасних валкових пресів, на підставі чого визначені цілі та задачі роботи.

У другому розділі виконані дослідження впливу зносу бандажів валкових пресів на технологічні та енергосилові параметри процесу пресування.

Розроблено концепцію оцінки впливу ступеня зносу бандажів на параметри брикетування, яка полягає у встановленні взаємозв'язків між контактними напруженнями на робочих поверхнях бандажів, характером і величиною їх зносу, параметрами брикетування.

Розроблено новий розрахунково-аналітичний метод оцінки зносу бандажів валкових пресів на різних стадіях їх експлуатації, який включає математичну модель визначення та побудову топограм зносу.

Встановлено взаємозв'язки і отримані графічні й аналітичні залежності між величиною зносу бандажів і технологічними параметрами брикетування.

Розроблена експлуатаційна карта (ЕК) комплексу бандажів валкового брикетного преса. Надалі застосування такої карти дозволить накопичити фактичні дані про режими і умови експлуатації бандажів різного конструктивного виконання в умовах брикетування шихт з різними фізико-механічними властивостями.

Дані, отримані за допомогою ЕК, також будуть застосовані при розробці системи планово-попереджувальних ремонтів пресового обладнання.

У третьому розділі запропоновано концепцію дослідження впливу зміни формуючих елементів валкових пресів на пружне розширення брикетів, яка полягає у встановленні зв'язку напружено-деформованого стану ущільнюваної шихти з величиною і розподілом пружної післядії.

Створено експериментально-аналітичний метод оцінки впливу конфігурації формуючих елементів на пружне розширення брикетів, заснований на використанні полів напружень, що включає побудову епюр розподілу напружень, пружної післядії і щільності після пружного розширення

На базі порівняльного аналізу епюр розподілу пружної післядії та щільності в брикетах розроблений новий формуючий елемент, який дозволяє знизити негативний вплив пружної післядії на якість брикетів, та подовжити ресурс експлуатації бандажів.

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

У п'ятому розділі виконано дослідження зв'язків конструктивних, енергосилових і 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 основні положення 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 компоувальних та конструктивних рішень. Розроблено алгоритм структурно-параметричного синтезу та спосіб його реалізації стосовно до пошуку раціональної конструкції валкових пресів.

Розроблено метод, який реалізує комплексний системний підхід до визначення раціональної конфігурації формуючих елементів бандажів валкових пресів, створений на основі трансформованого методу аналізу ієрархій.

У сьомому розділі на базі проведених в роботі досліджень 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.

7. Зауваження до дисертаційної роботи

1. В 4 пункті наукової новизни фігурують коефіцієнти a і v , що характеризують фізико-механічні властивості матеріалу. А які саме?
2. В тексті дисертаційної роботи (зокрема, на стор. 34, 35, 40, 49 та інш.) автор використовує поняття «зусилля», яке у нього вимірюється в ньютонах (Н). Але згідно міжнародної системи вимірювань в ньютонах (Н) визначається параметр «сила».
3. На стор. 30 наведена класифікація процесу пресування за показником Н/м. В чому його перевага перед показником Н/м^2 [Па]?
4. На стор. 104 наведена формула 2.1 в якій міцність брикетів залежить в явному вигляді від зазору між валків. При цьому не наведено

розмірність величин, що туди входять, а це не дає змогу визначити розмірність величини, що визначається.

5. На стор. 114 наводить формулу (2.2) для визначення тиску пресування. При цьому в пункті 4 наукової новизни наведена інша формула для його визначення. В чому перевага використання розробленої автором формули?
 6. Рис. 2.9 та 2.29 є однаковими.
 7. Співставлення результатів на рис. 2.10 (формуючі елементи F3) та на рис. 2.29 (формуючі елементи F2) дають однакові значення тиску пресування 102 МПа. Чим автор пояснює той факт, що при різних формуючих елементах спостерігається однакове значення тиску пресування?
 8. На рис. 3.6 (стор. 230) наведена щільність брикетів з торфу, каоліну та марганцевого концентрату при тисці пресування 100 МПа всі вони мають щільність близько 4 г/см³. Як це має бути, так як це дуже різні матеріали?
 9. На стор. 264 наведена формула 4.12 і в ній наведений коефіцієнт ущільнення K_y . Який інтервал варіювання параметрів він поширюється?
 10. В 5 розділі розглядається зв'язок параметрів шнекового підпресовника на параметри пресування. При цьому частота обертання шнека є змінною. Доцільно було б дослідити взаємозв'язок між частотою обертання шнеку та валка з щільністю брикету.
 11. В 2 пункті загальних висновків вказано, що вперше створено метод прогнозу оцінки впливу зносу пресуючих поверхонь валків на параметр процесу брикетування. Доцільно було б його внести в пункти наукової новизни.
 12. В пункті «Практичне значення отриманих результатів» автор посилається на ряд українських підприємств, де були використані результати розробок автора. Але в загальних висновках по роботі вказаний тільки акт впровадження на Державному підприємстві «Експериментально-виробниче підприємство ІЧМ». Чому автор не посилається на інші акти впровадження?
- 8. 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. за рівнем теоретичних та експериментальних досліджень є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що в сукупності дозволяють вирішити важливу науково-технічну проблему щодо створення валкових брикетних пресів з розширеними технологічними можливостями та збільшеним ресурсом експлуатації за рахунок: формування конструкції валкового пресу за модульним принципом з використанням

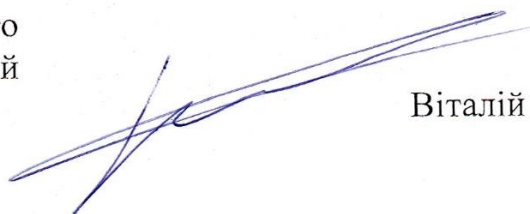
уніфікованих деталей та вузлів; вибору раціональних режимів експлуатації бандажів валків на різних стадіях зносу з врахуванням фізико-механічних властивостей шихти та параметрів процесу брикетування; врахування впливу швидкості пресування та пружної післядії на якість брикетів; вибору раціональних конструктивних та технологічних параметрів шнекового підпресовника з врахуванням фізико-механічних характеристик ущільнюваної шихти; вибору раціональних конструктивних параметрів бандажів з врахуванням комплексу параметрів, що характеризують процес брикетування.

Отримані наукові знання застосовані для створення нових модифікацій валкових пресів та їх окремих деталей та вузлів.

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, завідувач кафедри комп'ютерного моделювання та інтегрованих технологій обробки тиском Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»



Віталій ЧУХЛІБ

Підпис Чухліба В.Л. засвідчую:

Вчений секретар
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,
доктор технічних наук, професор




Олександр ЗАКОВОРОТНИЙ