

полнение желоба винтового конвейера с дополнительными лопастями возможно применять не только для транспортирования отходов механического производства, но и в сфере сельского и коммунального хозяйств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гевко Б.М. Оптимизация конструктивных параметров шнековых конвейеров / Б.М.Гевко, Р.М.Рогатынский // Изв. вузов. Машиностроение. – 1989. – №5. – С.109-114.
2. Гевко І. Синтез змішувачів з гвинтовими робочими органами / І.Гевко, Р.Любачівський, А.Дячун // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – 2012. – № 16. – С.237-246.

Поступила в редколлегию 15.07.2015.

УДК 669.168.047/7-911.6

ЧЕРНИШОВ О.В., ст. викладач
ЧУХНО С.І., к.т.н. доцент
ТРИКІЛО А.І., к.т.н. доцент
ДОЛГОПОЛОВ І.С., к.т.н. доцент
ТУЧИН В.Т., інженер
ЯЦИНА В.С., магістр

Дніпродзержинський державний технічний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СУШІННЯ ПАКЕТІВ МЕТАЛЕВОЇ СТРУЖКИ

Введення. В сучасній металообробній промисловості утворюється велика кількість металевої стружки, характер і стан якої залежить від матеріалу, що обробляється, типу металорізальних верстатів та режимів різання. Не дивлячись на широке застосування прогресивних методів виготовлення заготовок, що дають можливість довести коефіцієнт використання матеріалу в машинобудуванні до 0,7, кількість стружки не зменшується. Лише 50% її повертається в загальний баланс металу, решта втрачається. Великі втрати виникають від корозії, вигорання при переплавленні та транспортуванні [1].

Основним способом утилізації металевої стружки на сьогоднішній день є металургійний переплав непідготовленої стружки, що не рентабельно. Основні переваги утилізації відходів механічної обробки в спресованому виді полягають в тому, що при переробці стружки відсутнє вигорання заліза та легуючих елементів; значно знижуються витрати на транспортування, оскільки їх можна пресувати в тому цеху, де вони утворюються; знижуються витрати та забрудненість стружки при її транспортуванні та зберіганні.

Окрім цього, на поверхні стружки знаходиться до 16% мастильно-охолоджуючої рідини (від загальної маси стружки), яка попала під час механічної обробки. Відтак постає питання сушіння пакетів перед плавленням. Тому актуальною задачею являється поліпшення якості пакетів із металевої стружки та зменшення енерговитрат за рахунок поліпшення існуючих та розробки нових технологій і обладнання для сушіння пакетів із стружки.

Постановка задачі. Для розробки та проектування сучасних сушильних установок та технологій необхідно мати дані з кінетики сушіння пакетів з металевої стружки. В літературних джерелах такі дані відсутні. Тому метою даної роботи являється проведення дослідження кінетики сушіння пакетів з металевої стружки.

Результати роботи. Методика досліджень. Дослідження проводились на експериментальній сушильній установці, представленій на рис.1. Сушилися декілька партій пакетів, відібраних після пакетування. Теплофізичні характеристики брикетів перед сушкою наступні:

- хімічний склад: сталь 45, сталь 25ХГТ;
- щільність матеріалу $\gamma - 2,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$;
- початкова вологість $W^o = 3-17\%$.

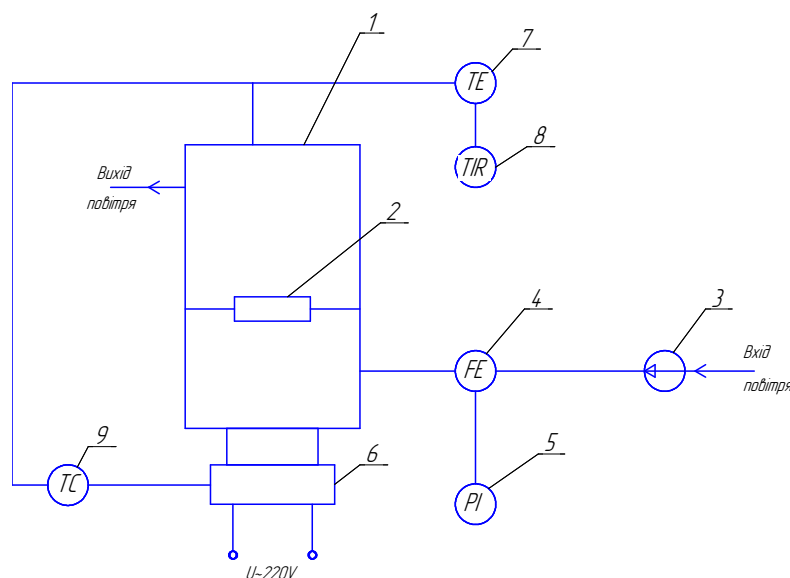


Рисунок 1 – Принципова схема камерної сушильної установки

Пакет із стружки 2 з початковою вологістю W^o і температурою t розташовували у сушильній камері установки 1. У камері підтримувалась постійна температура. Підтримування необхідної температури здійснювалось шляхом попереднього нагріву камери до необхідних температурних умов. Подача повітря в камеру сушильної установки здійснювалась за допомогою вентилятора 3. Для вимірювання витрат повітря використовувалась вимірювальна діафрагма 4, вимірювання перепаду тиску здійснювалось диференціальним манометром 5. Регулювання температури у сушильній камері проводилось комутуючим пристроєм 6 та регулятором температури 9. Протягом сушіння кожні 5-10 хвилин вимірювалась маса пакета за допомогою електронних вагів типу MW-150. Похибка вимірювання маси $\pm 0,005$ г. Процес сушіння вважався завершеним, коли маса зразка не мінялася після чергового зважування. Вимірювання температури проводилось за допомогою комплексу приборів – мідного термометра опору 7 та вимірювача-регулятора технологічного ИРТ5920НПП ЕЛЕМЕР ТС-1388/450М універсального 8. Основна похибка вимірювання температури не перевищувала $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Процесу сушіння піддавалися зразки, що мали щільність $1,05 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, $1,189 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, $1,58 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, $1,78 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ та $2,33 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Експеримент проводився таким чином: сушильна камера розігрівалася до заданої температури, наприклад 100°C . Зразки завантажувалися у камеру по одному, витримувались при даній температурі 5 хв., потім виймалися, зважувалися і знову сушилися. Експеримент проводився, поки після двох зважувань поспіль маса пакета не змінювалась. Це говорило про те, що зразок висушений повністю. Потім камера розігрівалася до температури 200°C і 300°C , і експеримент знову повторювався.

Обробка результатів досліджень проводилася методами математичної статистики [2, 3]. Результати досліджень у вигляді кривих сушіння наведено на рис.2-7. В усіх

випадках щільність пакетів відповідно складала: 1 – $1,05 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; 2 – $1,189 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; 3 – $1,58 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; 4 – $1,78 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; 5 – $2,33 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

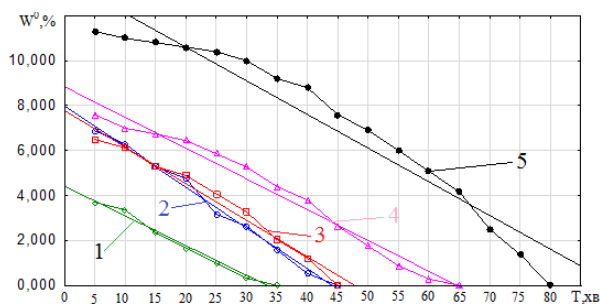


Рисунок 2 – Графік залежності вологості пакета від часу сушіння при температурі 100°C

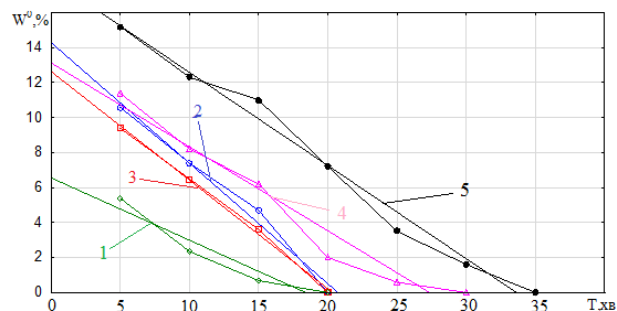


Рисунок 3 – Графік залежності вологості пакета від часу сушіння при температурі 200°C

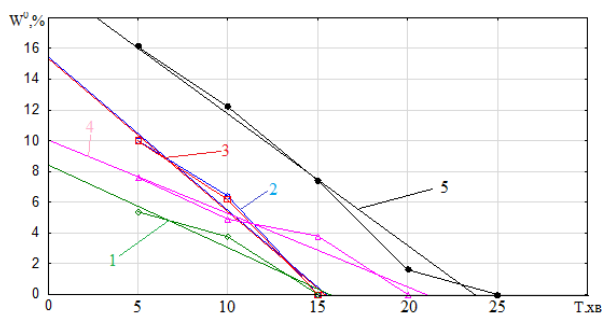


Рисунок 4 – Графік залежності вологості пакета від часу сушіння при температурі 300°C

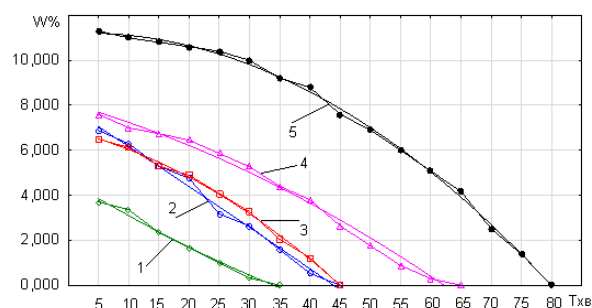


Рисунок 5 – Графік залежності вологості пакета від часу сушіння при температурі 100°C

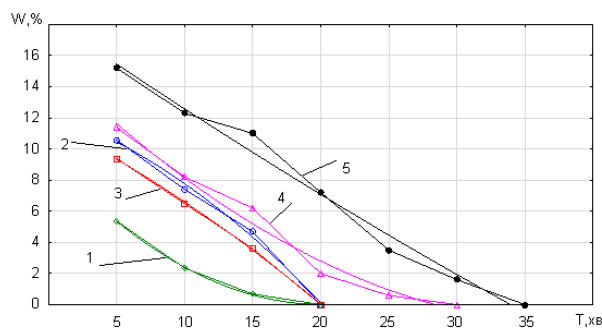


Рисунок 6 – Графік залежності вологості пакета від часу сушіння при температурі 100°C

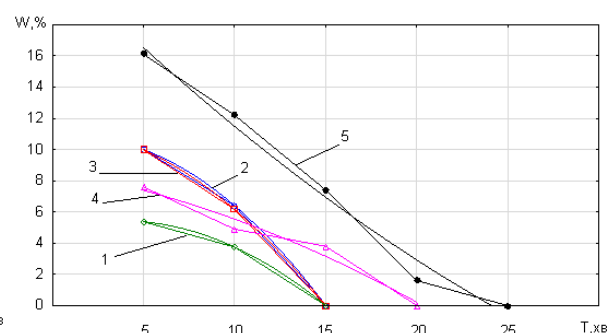


Рисунок 7 – Графік залежності вологості пакета від часу сушіння при температурі 100°C

При аналізі результатів сушіння пакетів розглядалися як лінійні залежності (рис.2-4), так і залежності другого порядку (рис.5-7).

Із графіків і розрахунків видно, що похибка між експериментальною та розрахунковою кривими при квадратичній залежності знаходиться в межах 10%. Із графіків також видно, що швидкість сушіння в пакетах з меншою щільністю більш лінійна, тобто

майже рівномірна, а з ростом щільності пакета в середині процесу сушіння швидкість сушіння уповільнюється. Це говорить про те, що щільні шари стружки стримують випаровування вологи з середини пакета.

Отримані аналітичні залежності при сушінні пакетів при температурі 100°C наведено у табл.1.

Таблиця 1 – Аналітичні залежності сушіння пакетів із стружки

Щільність пакетів, $\cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$	Аналітичні залежності	
	лінійні	квадратичні
1,05	$y_1 = 7,9917 - 0,9061 \times x$	$y_1 = 7,9187 - 0,8663 \times x - 0,004 \times x^2$
1,189	$y_2 = 7,7831 - 0,8139 \times x$	$y_2 = 6,8777 - 0,3201 \times x - 0,0494 \times x^2$
1,58	$y_3 = 4,4183 - 0,661 \times x$	$y_3 = 4,6661 - 0,8262 \times x + 0,0207 \times x^2$
1,78	$y_4 = 8,8441 - 0,6844 \times x$	$y_4 = 8,0939 - 0,3844 \times x - 0,0214 \times x^2$
2,33	$y_5 = 13,5969 - 0,7487 \times x$	$y_5 = 11,1936 + 0,0523 \times x - 0,0471 \times x^2$

Як видно з табл.1 та рис.8-9, коефіцієнти рівнянь залежать від щільності пакетів.

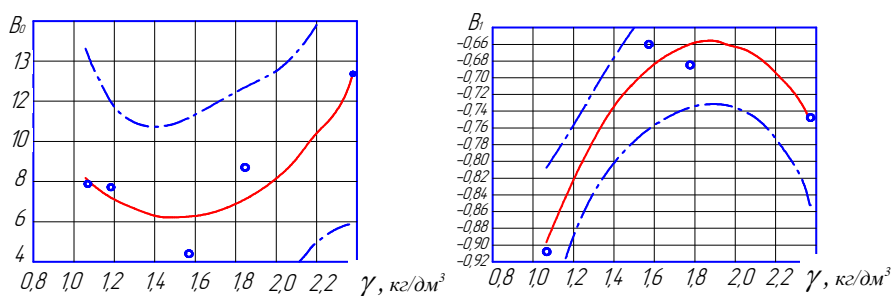


Рисунок 8 – Графік залежності коефіцієнтів лінійної залежності b_0 і b_1 від щільності пакета

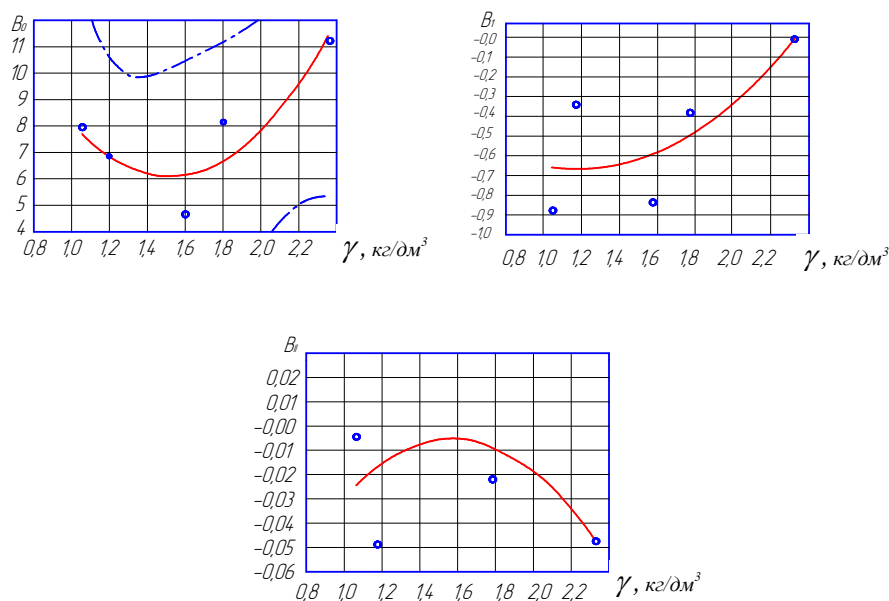


Рисунок 9 – Графік залежності коефіцієнтів нелінійної залежності b_0 , b_1 і b_{11} від щільності пакета

Результати математичного опису процесу сушіння пакетів при різній щільності наведено в табл.2.

Таблиця 2 – Математичні залежності коефіцієнтів рівнянь та узагальнені рівняння процесу сушіння пакетів із стружки при різній щільності пакета

Залежність коефіцієнтів рівнянь від щільності пакета		
Коефіцієнти рівнянь	Лінійні	Нелінійні
$b_0(y)$	$b_0(y) = 29,0592 - 30,8616\gamma + 10,4366\gamma^2$	$b_0(y) = 29,0592 - 30,8616\gamma + 10,4366\gamma^2$
$b_1(y)$	$b_1(y) = -1,9652 + 1,4238\gamma - 0,3878\gamma^2$	$b_1(y) = 0,0515 - 1,2083\gamma + 0,5093\gamma^2$
$b_{11}(y)$	–	$b_{11}(y) = -0,179 + 0,2218\gamma - 0,0709\gamma^2$
Узагальнена лінійна залежність		
$y \cdot L_1 = (29,0592 - 30,8616 \cdot y + 10,4366 \cdot y^2) + (-1,9652 + 1,4238 \cdot y - 0,3878 \cdot y^2) \cdot x$		
$y \cdot L_1 = -30,8616 \cdot y + (-1,9653 \cdot x) + (-0,3878 \cdot y^2) \cdot x + 10,4366 \cdot y^2 + 1,4238 \cdot y \cdot x + 29,0592$		
Узагальнена нелінійна залежність		
$y \cdot K_2 = (23,8575 - 23,6278 \cdot y + 7,8478 \cdot y^2) + (0,0515 - 1,2083 \cdot y - 0,5093 \cdot y^2) \cdot x + (-0,179 + 0,2218 \cdot y - 0,0709 \cdot y^2) \cdot x^2$		
$y \cdot K_2 = -23,6278 \cdot y + 0,0515 \cdot x + 0,2218 \cdot y \cdot x^2 + 0,5093 \cdot y^2 \cdot x + 7,8478 \cdot y^2 + (-0,179 \cdot x^2) + (-0,0709 \cdot y^2 \cdot x^2) + (-1,2083 \cdot x \cdot y) + 23,8575$		

При сушінні пакетів великої щільності бажано інтенсифікувати процес продування пакетів гарячим повітрям, а також опромінювати інфрачервоним променем. Для цього можна використовувати інфрачервоні газові пальники ГПБ-Л, а також інші випромінювачі.

Висновки. Таким чином можна зробити наступні висновки:

1. Процес сушіння пакетів із стружки залежить як від щільності пакетів, так і від температури сушіння.
2. Чим вища щільність пакета і температура сушіння їх, тим більша лінійна залежність вологості у процесі сушіння.
3. При низькій температурі сушіння залежність вологості у процесі сушіння більш нелінійна.
4. Отримано лінійні і нелінійні математичні залежності процесу сушіння пакетів із стружки з різною щільністю при температурі сушіння 100°C.
5. Для сушіння пакетів великої щільності необхідно інтенсифікувати процес сушіння за рахунок продувки пакета гарячим повітрям та крім конвекції інтенсифікувати процес інфрачервоним випромінюванням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кипарисов С.С. Проблемы получения порошков и изделий из них с использованием в качестве стружковых отходов / Кипарисов С.С., Падалко О.В. // Порошковая металлургия. – 1979. – №9. – С.56-65.
2. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / [К.Хартман, Э.Лецкий, В.Шифер и др.]; под ред. Э.Лецкого. – М.: Мир, 1977. – 552с.
3. Сидняев Н.И. Введение в теорию планирования эксперимента: учеб. пособ. / Н.И.Сидняев, Н.Т.Вилисова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. – 463с.

Надійшла до редколегії 12.10.2015.