

Визначення технологічної схеми дробильно-сортувального заводу на основі використання Bruno Process Simulation

Макар Побийпеч, студент¹ (ORCID: 0009-0004-7626-5870)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, 03037, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, Україна

АНОТАЦІЯ

В роботі розглянуто моделювання дробильно-сортувального заводу з використанням Bruno Process Simulation. Наведено графіки гранулометричного складу продуктів дроблення першої та другої стадії дроблення, модель двохстадійного дробильно-сортувального заводу, яка включає шоккову дробарку С120, ударану дробарку з вертикальним валом МР1000, колосниковий грохот VF544-2V та два грохоти CVB103. Представлені залежності для вибору обладнання для відповідних стадій дроблення. Результатом моделювання є звіт по енергоефективності заводу та експлуатаційним затратам, а також загальній кількості виробленої продукції та якості продукції окремо на кожному етапі дроблення та грохочення.

Ключові слова: дробильно-сортувальний завод, гранулометричний склад, дробарка, енергоефективність, продуктивність.

1. ВСТУП

Дробильно-сортувальні заводи відносяться до підприємств промисловості нерудних будівельних матеріалів і призначені для виробництва щебеню, гравію і піску, що використовуються для промислового, цивільного і гідротехнічного будівництва [1], [2]. Для визначення кількості обладнання необхідного для виробництва будівельних матеріалів та необхідної продуктивності і гранулометричного складу готової продукції використовують відповідні методики розрахунку дробильно-сортувальних заводів [3]. Дані методики не завжди є простими для використання і можуть потребувати відповідних знань та часу [4]. З іншого боку візуалізація на основі таких розрахунків може бути складною для розуміння з боку замовника заводу або інженерів суміжних відділів, які залучені до проектування заводу.

2. МЕТА РОБОТИ

Визначення гранулометричного складу продуктів дроблення заводу двохстадійного дроблення, енергоефективності заводів та експлуатаційних затрат.

3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Вихідними даними для моделювання заводу є: 1) Дробильний матеріал – граніт; 2) Насипна щільність матеріалу – 1600 кг/м³; 3) Продуктивність дробильно-сортувального заводу 600 т/год. 4) Максимальний діаметр куска сировини $D_{\max} = 700$ мм; 5) Міцність матеріалу – міцний ($\sigma > 150$ МПа); 6) Максимальний діаметр куска готового матеріалу: $d_{\min} = 70$ мм; 7) Характеристика складності руйнування матеріалу – 35%; 8) Абразивність – 1398 г/т; 9) Щільність матеріалу – 2,7 т/м³; 10) Індекс роботи по Бонду – 16,1638 кВт/год.

Кількість гірської маси, що відсіюється на колосниковому грохоті:

$$\Pi_k = \frac{\Pi_{\text{год}}(d_2 - d_1)}{D_{\max}} E_k, \quad (1)$$

де $\Pi_{\text{год}}$ – годинна продуктивність грохота; d_1 та d_2 – граничні розміри матеріалу, що відокремлюється; E_k – ефективність грохочення (для колосникового грохота VF544-2V $E_k = 0,81$); D_{\max} – максимальний розмір кусків гірської маси.

Необхідна продуктивність шоккової дробарки першої стадії:

$$\Pi_{\text{др}} = \frac{\Pi_k(D_{\max} - d_1)}{D_{\max}}, \quad (2)$$

Число паралельно працюючих грохотів визначають за формулою:

$$N_{\text{гр}} = \frac{\Pi_{\text{г}}}{\Pi_{\text{год}} F_{\text{д}} K_{\text{в}}}, \quad (3)$$

де $\Pi_{\text{г}}$ – річна продуктивність заводу, м³/год; $F_{\text{д}}$ – дійсний річний фонд робочого часу; $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання обладнання за часом $K_{\text{в}} = 0,8$.

Продуктивність інших грохотів визначають за виразом, м³/г:

$$\Pi_i = \Pi_2 \left(\sum_1^i m_j \right) / 100, \quad (4)$$

Продуктивність дробарки другої стадії підбираємо на основі залежності (2) де Π_k є продуктивність грохота встановленого перед дробаркою.

Пропускна спроможність дробарки в замкнутому циклі повинен враховувати додаткове навантаження від матеріалу, що повертається в дробарку:

$$\Pi_{\text{п}} = \frac{\Pi_0}{1 - q}, \quad (5)$$

де $\Pi_{\text{п}}$ – потрібна продуктивність дробарки; q – частка циркуляційного навантаження (10%); Π_0 – потік матеріалу, що надходить до дробарки з проміжного грохота після першої стадії дроблення.

Визначим гранулометричний склад матеріалу після проходження грохоту CVB103 (перша стадія дроблення):

- фракція 0...5 [x=5; y=14%; 14% - 0% = 14%.]
- фракція 5...10 [x=10; y=20%; 20% - 14% = 7%.]
- фракція 10...20 [x=20; y=30%; 30% - 20% = 10%.]
- фракція 20...40 [x=40; y=38%; 38% - 30% = 8%.]
- фракція 40...70 [x=70; y=49%; 49% - 38% = 11%.]
- фракція 70 і більше [100% - 49% = 51%.]

Максимальний загальний об'єм матеріалу який потрапляє на грохот – 399 м³/год.

Для визначення фракційного складу продуктів дроблення після першої стадії скористаємося графіками, які буде програма Bruno на основі заданих нами параметрів, рис. 1.

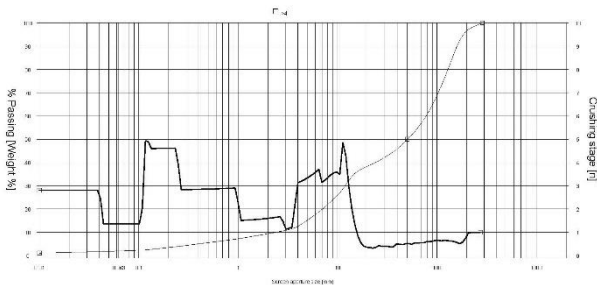


Рисунок 1. Характеристика гранулометричного складу продукту після грохоту першої стадії та стадійності процесу

На другій стадії встановлюємо ударну дробарку з вертикальним валом MP1000. Об'єм матеріалу який надходить в дробарку другої стадії дорівнює 279, 3 м³/год плюс циркуляційне навантаження в 190,625 м³/год. Таким чином загальний об'єм матеріалу, який надходить до дробарки MP1000 дорівнює 470 м³/год.

Фракційний склад продуктів дроблення після другої стадії зображено на рис. 2.

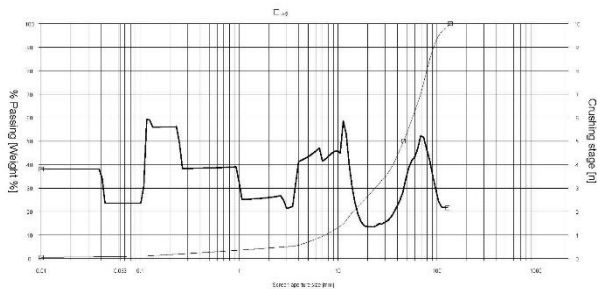


Рисунок 2. Характеристика гранулометричного складу продукту та кількості стадій для дробарки MP1000

Після дробарки другої стадії встановлюємо два похилих грохоти CVB103 з трьома ситами. Розміри отворів сит є наступними – 70 мм, 40 мм та 20 мм.

На графіках рис.1 та 2 тонка крива відображає гранулометричний склад продуктів дроблення, а жирна крива відображає кількість разів потрапляння матеріалу в камеру дроблення.

Після розрахунку всіх необхідних стадій дроблення будемо схему дробильно сортувального заводу із врахування розрахованого обладнання. Така схема представлена на рис. 3.

Питоме споживання енергії для даного заводу на 1000 годин роботи складає 0,62 кВтгод/т.

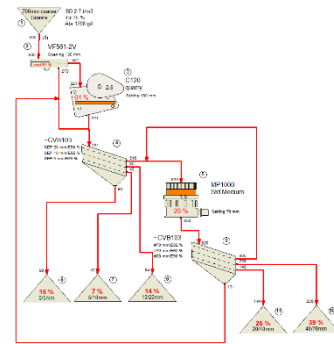


Рисунок 3. Двостадійна схема дробильно-сортувального заводу

На рис. 4 представлений звіт по експлуатаційним затратам, енергоефективності та кількості виробленої продукції.

Estimated operating costs per 1000h				
Device number	Device	Units	Wear parts	Number of jobs
2	MP1000-ZV	1x40		0,5
3	C149	1x560		
			Wearparts - Regular - 1 pass - 41790	40
			Wearparts - Regular - 1 pass - 41790	10
			Upper Check plate - Regular - 400 Steel	27
			Lower Check plate - Regular - 400 Steel	1,5
4	CVB103	1x107		
			Wearparts	6,6
			Wearparts	4,6
			Wearparts	2,7
5	MP1000	1x200		
			Metallic Hammerhead - 41790	1,3
			Steel liner - 400x200 - 41790	1,3
			Wearparts	6,6
			Wearparts	4,6
			Wearparts	2,7
6	CVB103	1x100		
			Wearparts	6,6
			Wearparts	4,6
			Wearparts	2,7
Device number	Device	Units	Wear parts	Number of jobs
			Energy	
			Energy consumption (kWh/h)	0,62

Estimated production per 1000h			
Product pile number	Product pile name	Production tons per 1000 hours	Quality indicator: no. of crushers material gone through (See Help)
6		37156	2,70
7		60023	2,69
8		74196	2,63
10		22552	2,54
11		200740	3,00
	Total	598716	

а б

Рисунок 4. Звіт, який відображає ефективність роботи заводу: а – експлуатаційні та енергетичні затрати; б – кількість виробленої продукції та показник якості

4. ВИСНОВОК

Розглянута методика моделювання дробильно-сортувального заводу, який включає дві стадії дроблення, з використанням програмного забезпечення Bruno Process Simulation. Графічно побудована схема заводу двостадійного дроблення. Визначено гранулометричний склад продуктів дроблення та енергоефективність заводу на 1000 годин роботи.

Список літератури

- [1] Назаренко І. І. Машини для виробництва будівельних матеріалів: Підручник. Київ: КНУБА, 1999. 488 с.
- [2] Кравець В. Г., Терентьев О. М., Чала О. М. Техніка і технологія переробки гірських порід.: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 195 с.
- [3] Хмара Л. А., Шипілов О. С., Онищенко О. Г. Дробильно-сортувальні заводи і устаткування: навч. посіб. Д.–Полтава: ПолтНТУ, 2009. 209 с.
- [4] Міщук Є., Міщук Д., Капуста О. Математичне моделювання кінематики шокової дробарки з простим рухом щокі. *Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини*. 2023. № 102. С. 5–16.