

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МІКРОХВИЛЬОВОГО НАГРІВАННЯ НА МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ЩЕБЕНЮ

Щебінь, як продукція гірничих підприємств, серед усіх інших має дві головні характеристики – міцність та фракційність. Необхідна фракційність досягається шляхом подрібнення гірничої маси, натомість міцність є сталою природною характеристикою і обумовлюється геологією родовища породи та його особливостями. Товарний щебінь за працездатністю виготовлення практично порівну розподіляється між процесами, добування сировини у кар'єрі, та процесами збагачення на дробильно-сортувальному підприємстві. В обох випадках, при зведенні суті діяльності до макрорівня, задача спрощується до створення необхідного зусилля на подолання міцності внутрішніх зв'язків найменших елементів, що складають породу.

Звертаючись до досвіду використання технології НВЧ-випромінювання в гірництві загалом можна дійти висновку, що різна теплопровідність та теплоємність мінералів, котрі складають гірські породи, породжує ситуацію, при якій порушення міцності їх зв'язків, у порівнянні із іншими мінералами, відбувається нерівномірно, що може провокувати руйнування породи при менших значеннях наданого зусилля, а отже це засвідчує зменшення міцності зразка породи загалом.

Відомо, що мікрохвильове (надвисокочастотне) випромінювання являє собою спектр електромагнітного випромінювання діапазоном частот 300 ГГц – 300 МГц (довжина хвилі від 1 мм до 1м). Вказано, що для ефекту нагрівання використовують хвилі частотою від 915 МГц до 2,45 ГГц і довжиною 33,5 см та 12,2 см відповідно. Джерелом випромінювання у НВЧ-установках слугує магнетрон. Фізична суть нагрівання полягає в тому, що при взаємодії електромагнітного поля частотою 2450 МГц полярні або поляризовані молекули чи іони речовини орієнтуються у відповідності із пульсаціями поля. Через невідповідність по фазі між коливаннями поля і обертанням диполів енергія випромінювання перетворюється в кінетичну енергію молекул, відбувається розігрівання речовини зсередини і по всьому об'єму.

Експериментальні дослідження направлені на підтвердження вище висунутої гіпотези проводились на підприємстві з виготовлення щебеню ПрАТ "ТНК "ГРАНІТ", основна продукція якого – товарний щебінь фракцій 5-20 мм, 20-40 мм та 40-70 мм. Декларована характеристика міцності даного граніту – 290-315 МПа на стиск при густині 2,71-2,8 т/м³.

Здійснивши відбір 60 проб зразків, з яких: 20 проб на кожен з фракцій (10 з яких для визначення номінальної межі міцності на стиск і 10 для визначення межі міцності на стиск після впливу на них хвиль НВЧ) було виконано їх опромінення запропонованим способом. Експеримент показав, що для всіх фракцій межа міцності на стиск еталонних зразків має більше значення ніж межа міцності зразків опромінених хвилями НВЧ, проте конкретно для фракції 5-20 мм: у числовому вираженні, різниця становить 60,9 МПа; у відсотковому співвідношенні, різниця межі міцності становить 20,49 %. Для фракції 20-40 мм: у числовому вираженні, різниця межі міцності становить 75,3 МПа; у відсотковому співвідношенні різниця становить 27,13 %. Для фракції 40-70: у числовому вираженні, різниця становить 90,5 МПа; у відсотковому співвідношенні різниця становить 34,66 %.

Таким чином засвідчений безпосередній вплив мікрохвильового нагрівання на міцність різнофракційного щебеню, а саме пониження значення міцності відносно номінальної на 20,49-34,66 % в залежності від крупності фракції.

При аналізі створених по результатам досліджень діаграм виконано висновок про кореляційні зв'язки між розміром досліджуваних зразків та їх стійкістю до деформацій стиску.

Можна припустити, що більші зразки мають менше значення межі міцності на стиск, оскільки на їх об'єм припадає більша кількість невидимих тріщин та механічних ушкоджень отриманих в процесі дроблення. Відповідно на менші за об'ємом зразки припадає і менший об'єм тріщин та пустот, як природних та і механічних, що робить їх більш монолітними та менш піддатливими дії на них зусиль стиску.

На основі даних фактів встановлено лінійну залежність (рисунок 1). Оскільки одна фракція включає в себе широкий спектр розмірів її окремоостей, а в ході виконання дослідів це не враховувалось (тобто немає взаємозв'язку безпосередньо між лінійним розміром кожного зразка та його межею міцності на стиск), для встановлення лінійної залежності було прийнято умовні розміри фракцій, а саме верхню межу фракції (тобто якщо фракція включає в себе окремості розміром від 5 до 20 мм, то для побудови графіка та встановлення лінійної залежності приймається умова що всі окремості даної фракції відповідають розміру 20 мм). Зміна міцності еталонних зразків показана на прикладі формули (1), а для зразків опромінених хвилями НВЧ на прикладі формули (2).

$$y = -0,7084x + 309,3316 \quad (1)$$

$$y = -1,2937x + 259,1263 \quad (2)$$

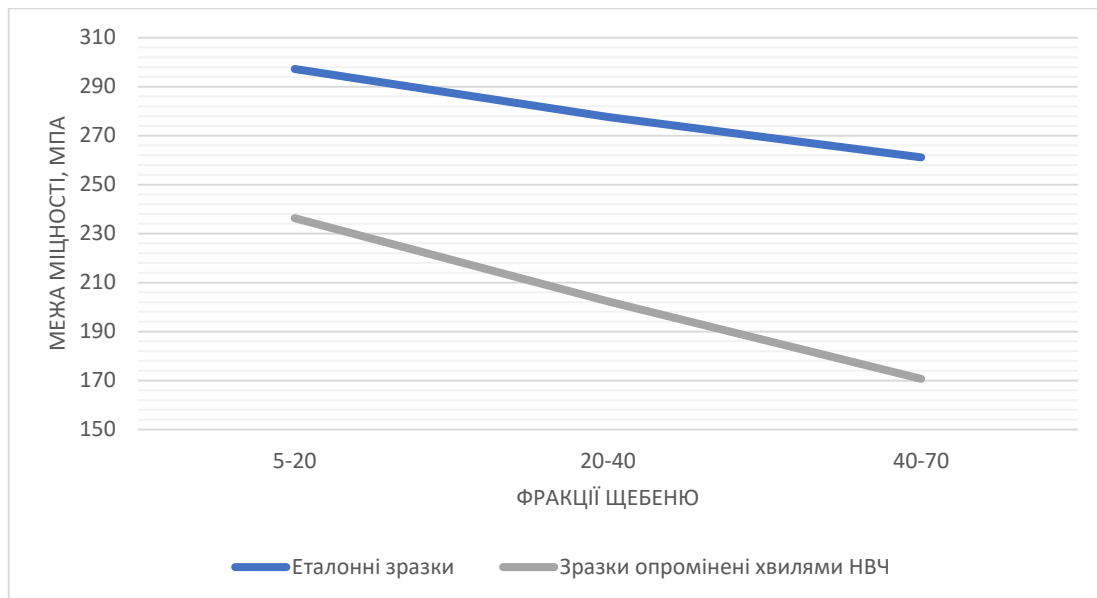


Рис. 1. Графік залежності межі міцності від фракції щебеню

Використання запропонованого методу дозволить знизити енергоємність дроблення при застосуванні мікрохвильового нагрівання як процесу проміжного збагачення та дозволить зменшити собівартість виготовлення сировини.

Отже, застосування запропонованої технології в якості проміжної операції циклу виробництва щебеневої сировини буде доцільним. Проте, також потрібно відмітити, що для використання НВЧ за умов реального виробництва, сформоване тезисне підґрунтя є недостатнім та потребує що найменше подальшого розширення і поглиблення наукової роботи в даному напрямку, а саме:

- визначення конкретної міри зниження енергоємності дроблення при застосуванні мікрохвильового нагрівання як процесу проміжного збагачення;
- проведення економічної оцінки доцільності використання НВЧ-опромінення у вигляді співставленого розрахунку вартості процесу нагрівання і вартості процесу подальшого збагачення задля встановлення ступеню рентабельності та термінів окупності запропонованого рішення;
- виконання фінансової оцінки на вплив собівартості одиниці товарної сировини на виході, що дозволить встановити раціональність технології у застосуванні що до щебеню як гірничої сировини взагалі.

Список літератури:

1. D. Mingos, R. Baghurst. Microwave-Assisted Solid-State Reactions Involving Metal Powders // Chem. Soc. Rev. 1991. No. 20. pp. 103-107.
2. J. Walkiewicz, A. Clark, S. McGill. Microwave assisted grinding. IEEE Trans. on Industry Appl., 1991, 27, № 2, pp. 239-243.
3. K. Naque. Microwave irradiation pretreatment of a refractory gold concentrate. Proc. of the Internet // Symposium on gold metallurgy. Winnipeg, Canada, 1987. pp. 327-334.
4. P. Hartlieb, and other. Thermo-physical properties of selected hard rocks and their relation to microwave-assisted comminution. Miner. Eng. New York. 2015. Miner. Eng. pp. 234-240.