

**КАЛОРИМЕТРІЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИЗНАЧЕННЯМ ПАРАМЕТРІВ ХВИЛЬ ПІД ЧАС УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ**

Питання покращення міцнісних та термостійких властивостей сировини для металургійного переділу стоїть з початку промислового виробництва згрудкованих матеріалів. Як було зазначено в [1], ультразвукова обробка домішок в шихту огрудкування може значно поліпшувати їх властивості. Як зазначалось в [2] саме в рідких середовищах вплив ультразвукових технологій має найбільш високу ефективність через значно більший, ніж у газів, питомий хвильовий опір. Тому за однакових параметрів ультразвукової системи найбільша акустична потужність випромінюється саме у рідину. А серед рідин найбільш економічно доступним є саме водне середовище, яке використовується у більшості технологічних процесів, що потребують присутності рідини.

У більшості досліджень, пов'язаних з використанням ультразвуку в рідинах, не був досліджений фактор збільшення температури під дією ультразвукового опромінення.

Нами виконано досліди з обробки ультразвуковими хвилями двох частот – 20 кГц та 40 кГц – водного середовища, як оптимальнішого для ультразвукової активації бентонітів, що використовують при огрудкуванні металургійної сировини. Досліди проводились в двох резервуарах з генераторами ультразвукових хвиль частотою  $f=20$  та 40 кГц. Заміри температури виконувались термометром TP101. Час обробки 59 хв. 59 с. Окрім таймера, ультразвукові ванни мають вбудовані перемикачі потужності генератора  $P_e$ , що дозволяє вести обробку з кроком в 10 % від максимальної потужності в 150 Вт.

В обох ваннах було проведено по 5 дослідів з ультразвукової обробки 1 л не дистильованої води зі зміною потужності генератора 10, 30, 50, 80 та 100 % від максимальної (150 Вт). Початкова температура води – 24.1 °С. Тривалість обробки в усіх дослідях – 59 хв. 59 с. За цей час при означених потужностях на частоті 40 кГц вода розігрівалась відповідно до 34.5, 40.3, 50.4, 54.8 та 57.5 °С; на частоті 20 кГц – до 26.9, 31.5, 48.8, 49.7, 52.9 °С відповідно.

З проведених дослідів, обрахованих величин та побудованих залежностей можна зробити наступні висновки. При зменшенні потужності генератора ультразвукових хвиль розігрів водного середовища (максимальна температура води) також зменшувався. За зменшення потужності генератора інтенсивність випромінювання теж зменшувалася для ультразвукових хвиль обох частот. К.к.д. випромінювача враховує енергію, яка витрачається безпосередньо на нагрів води. Для ультразвукової хвилі 40 кГц цей к.к.д збільшується зі зменшенням потужності випромінювання, а для хвилі з частотою 20 кГц максимального значення досягає при 50 % потужності випромінювання. Для  $f=40$  кГц розрахована довжина хвилі  $\lambda_{40} = 0.037$  м, для  $f=20$  кГц –  $\lambda_{20}=0.074$  м. Амплітуда ультразвукової хвилі  $a$  зменшується при зменшенні потужності випромінювача. Для ультразвукової хвилі з частотою 20кГц в цілому  $a$  більша, ніж для хвилі 40 кГц. Якщо розмір молекули води  $d$  близько  $2.6 \text{ \AA} = 2.6 \cdot 10^{-10}$  м [5], то співвідношення  $a/d$  зменшується зі зменшенням потужності генератора і лежить в межах від  $2.4 \cdot 10^3$  ( $P_e = 10 \%$ ) до  $4.3 \cdot 10^3$  ( $P_e=100 \%$ ) – для 40 кГц і від  $2.5 \cdot 10^3$  ( $P_e=10 \%$ ) до  $8 \cdot 10^3$  ( $P_e=100 \%$ ) – для 20 кГц. Тобто поступове збільшення температури водного середовища можна пояснити тертям молекул води, які під дією ультразвукових коливань мають величезні по відношенню до власних розмірів амплітуди коливання з надвисокою частотою зміни напрямку руху.

Побудовано залежності температури водного середовища від частоти ультразвуку  $f$  та потужності випромінювача  $P_e$ . Обраховано інтенсивність ультразвукових хвиль  $I$ , їх амплітуду  $a$  і довжину  $\lambda$  в залежності від потужності випромінювача  $P_e$  та частоти коливань  $f$ .

*Список літератури*

1. Кондратенко М.М., Савельєв С.Г. Оцінка ефективності застосування ультразвуку в процесах підготовки металургійної сировини до переділу. *Гірничий вісник*. Науково-технічний зб. Кривий Ріг, 2021. Вип. 109. С 91–97. DOI: 10.31721/2306-5435-2021-1-109-91-98.
2. Кікучи Е. Ультразвуковые преобразователи. М., 1972. 424 с.
3. physicskpiua moodle ЗФ та ФТГ КПІ. Фізика для бакалаврів. Коливання і хвилі. Ч. II. Хвилі. 2 Пружні хвилі. Режим доступу <http://physics.zffft.kpi.ua/mod/book/view.php?id=299&chapterid=58>
4. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. Режим доступу [https://uk.wikipedia.org/wiki/Швидкість\\_звуку](https://uk.wikipedia.org/wiki/Швидкість_звуку)
5. Репозиторій електронних навчальних ресурсів системи дистанційного навчання Вінницького фізико-математичного ліцею №17. Режим доступу <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/15>