

О.Г. МЕДВІДЬ, аспірантка, **В.В. ОЛІЙНИКОВА**, канд. техн. наук, **Л.В. СМІРНОВА**, асистент
(Київський національний університет технологій та дизайну)

Особливості застосування НВЧ-енергії у різних галузях діяльності людини

Рассмотрены и исследованы наиболее часто применяемые технологии использования СВЧ-энергии в разных отраслях деятельности человека: резиновой промышленности, сельском хозяйстве, медицине, термообработке полимерных материалов, при разрушении горных пород, в радио и телекоммуникации, пищевой промышленности и др.

Ключевые слова: СВЧ-энергия, исследования, влияние, свойства, структура, сушка, термообработка, применение, термоактивные материалы, излучение, электромагнитная энергия, магнетрон, отрасль.

In the article were considered and investigated the most frequently used technology using ultra-high frequency energy in many sphere of human activity: in the rubber industry, agriculture, medicine, thermal treatment of polymeric materials, destruction of rocks, in radio and telecommunications, in the food industry, etc.

Keywords: microwave energy, investigation, influence, properties, structure, drying, heat treatment, application, thermo materials, radiation, electromagnetic energy, magnetron, industry.

Розвиток потужних магнетронів і наукові дослідження впливу мікрохвильової енергії відкрили широкі перспективи для промислового застосування НВЧ-енергії та розвитку техніки й технології.

Можна виділити основні галузі застосування НВЧ-енергії: харчова, гумотехнічна і текстильна промисловість. Тут важливу роль відіграють такі характеристики, як коефіцієнт корисної дії (ККД) процесу, можливість автоматизації та висока якість продукту. Є перспективи впровадження НВЧ-нагріву і сушіння у фармацевтичну промисловість, обробку деревини та сільське господарство. Розширюється застосування технології швидкого нагріву в їдальнях, лікарнях, школах тощо, а масове використання мікрохвильових печей в побути добре відоме [1].

НВЧ-енергія – дуже зручне джерело тепла, яке в низці галузей має безперечні переваги над іншими джерелами. Вона не вносить забруднень під час нагрівання, у разі її використання відсутні будь-які продукти згорання. Крім того, легкість, з якою НВЧ-енергія перетворюється на тепло, дає змогу мати дуже високі швидкості нагріву, при цьому в матеріалі не виникає руйнівних термомеханічних напружень. Генераторне обладнання повністю електронне і працює практично безінерційно, завдяки чому рівень потужності НВЧ і момент її подачі можна миттєво змінювати. Поєднання НВЧ-нагрівання з іншими методами нагріву (парою, гарячим повітрям, інфрачервоним випромінюванням тощо) дає можливість конструювати обладнання для виконання різних функцій, тобто НВЧ-нагрівання дає змогу створювати нові технологічні процеси, підвищувати їхню продуктивність і якість продукції [2].

НВЧ-енергія широко застосовується в різних галузях промисловості. Наприклад, застосування гуми стало широко розповсюдженою у машинобудуванні, взуттєвій промисловості, літакобудуванні, харчовій промисловості. Виготовлення побутової техніки також не обходиться без використання гумових матеріалів чи виробів з них.

Одним з перспективних напрямків використання НВЧ-енергії є обробка пористих гум, що мають широке застосування у промисловості, зокрема взуттєвій, – для виготовлення низу взуття. Під час виготовлення виробів з пористих гум

необхідно враховувати те, що вони мають відносно більшу (що сягає 10-12 %) і тривалу (до кількох місяців) усадку. Для скорочення терміну термообробки та досягнення більш повної усадки для термообробки пористих гум може бути застосований нагрів у електричному полі високої частоти.

Встановлено, що підвищення швидкості підйому температури в гумі й короткочасність перебування гуми за підвищених температур дає змогу виконувати термообробку за таких температур. Це призводить до більш повної усадки гуми [7].

У гумовій галузі також застосовують лінії вулканізації з НВЧ-нагрівом. Технологічні лінії призначені для безперервної вулканізації гумових профілів прямокутного, круглого і складного перетину з полярних гумових сумішей, отриманих методом шприцювання через формуючі елементи на черв'ячних машинах-екструдерах. Для інтенсивного об'ємного нагріву заготовок використовують енергію НВЧ-електромагнітних коливань.

НВЧ-нагрів є одним з найпрогресивніших способів теплової обробки продуктів у процесах розморожування, розігріву та приготування страв. НВЧ-прилади для приготування харчових продуктів мають високу популярність на світових ринках. Принцип приготування їжі за допомогою мікрохвиль докорінно відрізняється від звичайних способів нагріву. НВЧ-нагрівання харчових продуктів здійснюється внаслідок перетворення енергії змінного електромагнітного поля надвисокої частоти на теплову енергію, що генерується по всьому об'єму продукту. НВЧ-поле здатне проникати в оброблюваний продукт на значну глибину і здійснювати його об'ємний нагрів незалежно від теплопровідності, тобто застосовуватися для продуктів з різною вологістю. Висока швидкість і високий коефіцієнт корисної дії нагрівання роблять його одним з найефективніших способів ведення харчових продуктів до кулінарної готовності. Основною перевагою НВЧ-нагрівання є швидкість приготування їжі за повного збереження харчової та біологічної цінності продукту. НВЧ-апарат має високий ККД і не чинить негативних впливів на навколишнє середовище [4].

Виробництво і попит на НВЧ-розморожувачі обумовлені значним підвищенням виробництва і продажу заморожених продуктів. Розморожування продуктів у НВЧ-полі відбувається значно швидше завдяки їх об'ємному нагріву, при цьому харчова цінність продуктів зберігається краще. Особливістю розморожування, що відбувається у НВЧ-полі, є різка зміна діелектричних властивостей харчових продуктів під час переходу з замороженого стану в розморожений. Встановлено, що розморожування в полі НВЧ-енергії призводить до менших втрат неорганічних речовин. За традиційного способу розморожування частина мінеральних речовин втрачається разом з вологою. У разі НВЧ-розморожування втрати вологи менші й, як наслідок, менші втрати неорганічних речовин [5].

НВЧ-стерилізація в харчовій промисловості дає змогу мати однаковий і рівномірний нагрів кожної молекули харчового продукту, повністю знищує забруднюючі його мікроорганізми; максимально зберігає вміст протеїнів і вітамінів, смакові й органолептичні характеристики. Остаточний продукт не містить ніяких консервантів, готовий до вживання, може зберігатися за кімнатної температури протягом, як мінімум, 9-12 місяців з моменту обробки. Дана технологія сприяє складанню найрізноманітніших рецептів перших та других страв з усіх видів м'яса, риби, овочів, круп; готувати десерти з фруктів, випічки; стерилізувати молочні продукти, соки та інші напої [14].

НВЧ-енергія має широке застосування в медицині. Це випромінюючі системи, що особливо придатні для нагріву тонких плівок, або НВЧ-гіпертермії зляжкісних новоутворень. Суть методу полягає в розігріванні пухлини за допомогою електромагнітного випромінювання до рівня температур 42-44°C. Переваги НВЧ-гіпертермії полягають у тому, що зона впливу розігрівається зсередини, прогрівання тканин при цьому рівномірне, без пошкодження шкірних покривів.

Сучасна установка для локальної НВЧ-гіпертермії «Яхта-3» (ФДУП «НВП «Істок», м. Фрязіно) дає змогу створювати і тривало підтримувати зону гіпертермії пухлини практично будь-якої конфігурації з мінімальним впливом на навколишні органи і тканини.

НВЧ-гіпертермія використовується як в самостійному вигляді, так і як засіб, що підсилює ефект хіміо- і променевої терапії [3]. Досвід криогенної хірургії свідчить про те, що можливість низькотемпературного руйнування об'ємних патологічних утворень дуже обмежені, гине поверхнева частина гемангіоми, глибока продовжує зростати. Це призвело до необхідності використовувати для лікування зазначеної групи хворих спосіб посилення криогенної деструкції за допомогою попереднього мікрохвильового (НВЧ) опромінення зони, що підлягає заморожуванню.

Методика НВЧ-криодеструкції досить проста, провадиться за амбулаторних умов і не вимагає анестезії. Зона гемангіоми опромінюється НВЧ-полем за допомогою контактного випромінювача з подальшою негайною криодеструкцією автономним апаратом для локального заморожування [8].

НВЧ-енергію використовують в деревообробній промисловості для сушіння деревини. Установка складається з НВЧ-генератора, хвилевідного конвеєра спеціальної форми, механізму циклічної подачі пиломатеріалів. Загальний вигляд НВЧ-конвеєрної сушильної установки подано на рис. 1.

НВЧ-конвеєрна сушильна установка працює в автономному режимі. Для охолодження магнетрона застосовують модульні агрегати повітряного охолодження. Від модульних агрегатів повітряного охолодження нагріте повітря подається в напрямні для видалення вологого повітря, у такий спосіб, підвищуючи ККД всієї установки. Напрямна має спеціальну форму. Прогріте повітря подається і використовується не як сушильний агент, а для транспортування водяної пари за межі камери. Повітря прогрівається до температури сушіння пиломатеріалу. Мета прогріву повітря – збільшення його вологоємності та виключення охолодження деревини повітряним потоком. Установка дає змогу виділити з деревини до 70% вільної води в рідкій фазі, зменшуючи витрати енергії на сушіння деревини.

На рис. 2 – експериментальна установка, на якій провадили досліди для визначення параметрів НВЧ-сушарки конвеєрного типу. В даній установці березові заготовки якісно висушили за 15 год.

Використання високочастотного методу нагріву дає можливість виконувати швидкісну термообробку поліамідних деталей. На прикладі термообробки капронових шестерен встановлено, що після термообробки підвищилась міцність зуба на згин на 80 %, а твердість – на 20 %, порівняно з необробленими зразками. Крім того, внаслідок термообробки шестірні відбувається вирівнювання міцнісних показників по всьому периметру шестірні, тобто можна допустити, що кристалічна фаза у виробі розподілилася рівномірно. Таким чином, використання високочастотного нагріву для термообробки деталей з полімерних матеріалів (зокрема, поліамідних) підвищує їхні експлуатаційні показники [9].

Широке розповсюдження має високо-частотний нагрів термоактивних пластмас. У разі виготовлення виробів з таких пластмас використовують їхню властивість розм'якшуватися у разі підвищення температури, а за досягнення певної температури – полімеризуватися, тобто переходити в незворотно стійкий стан з достатньою механічною міцністю [10].

Високочастотне склеювання термоактивними клеями широко застосовують в деревообробній промисловості. Високочастотний метод нагріву дає змогу виконувати вибіркоче нагрівання клейового шва, бо склеюванню зазвичай піддається сухий матеріал, що має, порівняно з клеєм, малий фактор втрат. Розміщення клейового шва вздовж силових ліній електричного поля забезпечить виділення тепла переважно в клейовому шві, що дає можливість зменшити витрати енергії. Крім того, для нагрівання не потрібен контакт між склеюваним елементом і електродами, що дає змогу перевести процес склеювання на поточне виробництво [9].

Вивчено можливість використання НВЧ для інтенсифікації процесу відділення олії від насіння соняшнику і рапсу та оптимізації обробки зерна і борошна, що сприяє збереженню якісних та товарних властивостей продуктів після тривалого зберігання. За раціонального вибору частот коливань і параметрів НВЧ можна оптимізувати перетворення електромагнітної енергії на теплову таким чином, що нагрівання здійснюватиметься рівномірно у всьому робочому об'ємі.

Ефективність перетворення енергії електричного поля на тепло зростає прямо пропорційно частоті коливань і квадрату напруженості електричного поля. Важлива перевага НВЧ-нагріву – відсутність теплової інерційності, тобто можливість практично миттєвого включення і виключення теплової дії на сировину, що обробляється. Це дає змогу підтримувати високу точність регулювання процесу нагріву. ККД перетворення НВЧ на тепло є близьким до 100%. Теплові втрати у трактах, які підводять енергію, зазвичай невеликі, й стінки хвилеводів та робочих камер залишаються

практично холодними, що створює комфортні умови для обслуговуючого персоналу [11].

НВЧ-енергію успішно використовують для зниження міцності чи руйнування гірських порід. Метод руйнування і зменшення міцності гірських порід завдяки НВЧ-нагріванню належить до теплових методів руйнування речовин. Застосування надшвидкого, об'ємного нагрівання для гірських порід з неоднорідною структурою, такою як у кімберлітів, виявилось особливо ефективним [1].

Проведено цикл робіт з визначення енергетичних характеристик процесів руйнування кімберлітів різних сортів. Досліджували зразки кімберлітів трьох різних видів. Провалили дослідження їхньої теплоємності й щільності за різних ступенів вологості породи. Резонансним методом порівняння визначали комплексну діелектричну проникність зразків, що дорівнює 0,05–0,2 на частоті 2450 МГц і глибину проникнення НВЧ-поля у породу, внаслідок чого дійшли висновку про рівномірність нагріву шматків кімберліту НВЧ-полем ($\delta \approx 6 - 8$ і $\text{tg} \approx \epsilon$). Показано, що кімберліт є недосконалим діелектриком. Встановлено наявність залежності цих величин від вологості зразків.

На установці з НВЧ-нагрівом діелектричних речовин, виконаній на базі Н111-резонатора і магнетроні М105 з вихідною НВЧ потужністю 600 Вт на частоті 2450 МГц, що забезпечує ККД передачі НВЧ-енергії зразком не менше 80%, вимірювали температурні характеристики руйнування породи. За результатами експериментальних досліджень руйнування кімберлітів виконано енергетичні оцінювання цього процесу, підібрано оптимальні умови для руйнування і показано перспективу застосування цього методу руйнування гірських порід [12].

В сучасному високотехнологічному житті НВЧ-хвилі застосовують дуже активно. Мобільні телефони працюють в діапазоні НВЧ-випромінювання. Всі технології, такі як Wi – Fi, безпроводний Wi – Max, LTE (рис. 3) радіо інтерфейс малого радіусу дії Bluetooth, системи радіолокації та радіонавігації використовують НВЧ-хвилі.

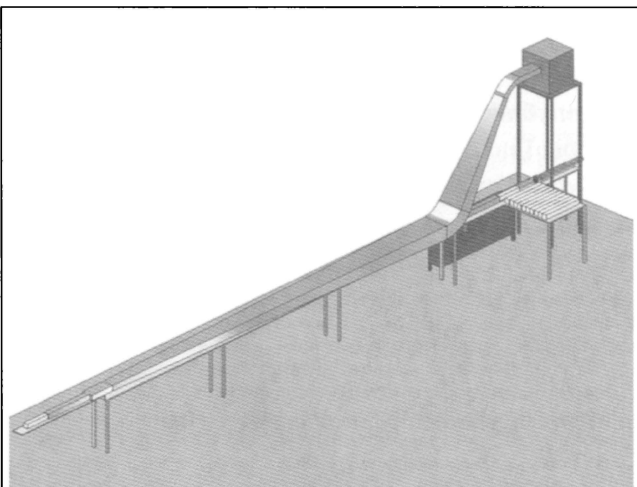


Рис. 1 – Загальний вигляд НВЧ-конвеєрної сушильної установки

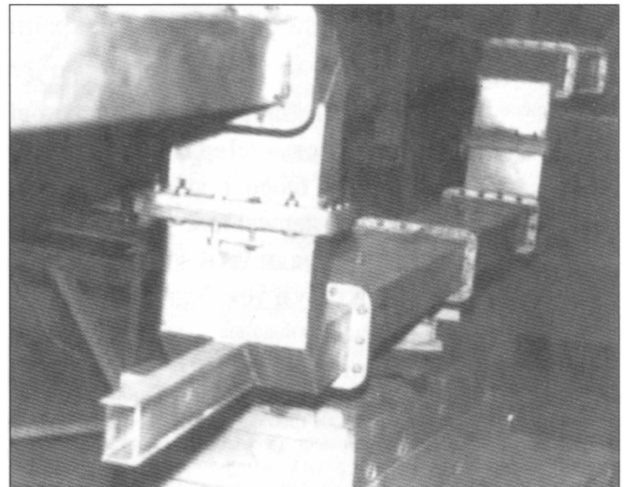


Рис. 2 – Експериментальна конвеєрна НВЧ-сушарка



Рис. 3 – Станція мобільної мережі стандарту LTE

Антенa – пристрій для випромінювання і прийому радіохвиль (рис. 4). Передавальна антенa перетворює енергію електромагнітних коливань високої частоти, зосереджену у вихідних коливальних ланцюгах радіопередавача, на енергію випромінюваних радіохвиль. Перетворення засноване на тому, що, як відомо, змінний електричний струм є джерелом електромагнітних хвиль.

Конструкції і характеристики антен залежать від багатьох чинників, зокрема, від призначення радіопередавального пристрою, діапазону робочих довжин хвиль тощо [13].

Для взуттєвої галузі, у разі застосування нанотехнологій у виробництві взуття, методи впливу НВЧ-енергії на процеси складання заготовок та взуття є актуальними і потребують проведення науково-дослідних розробок.



Рис. 4 – Антенa базових станцій GSM

Отже, НВЧ-енергетика є перспективним напрямком в різних галузях промисловості, оскільки відкриває нові можливості й перспективи для розвитку науки та техніки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. О. Морозов, А. Каргін, Г. Савенко, В. Требух, І. Воробітов. «Промислове застосування НВЧ-нагріву» стаття
2. СВЧ-енергетика / Пер. з англ. Під ред. Шліфера Е.Д., т. 2. – М.: Мир, 1971.
3. IP, 2008, № 12; www.hyperthermia.ru
4. http://www.electronics.ru
5. Бондар Є.С. Сучасні побутові електроприлади і машини – М., Машинобудування, 1987
6. Привалов С.Ф. Електропобутові пристрої та прилади – СПб., Лениздат, 1994
7. Г.С. Княжевська, М.Г. Фірсова «Високочастотний нагрів діелектричних матеріалів» Л.:1980
8. http://howitworks.iknowit.ru
9. Г.С. Княжевська, М.Г. Фірсова «Високочастотний нагрів діелектричних матеріалів» Л.:1980
10. Н.Л. Брицин «Нагрів в електричному полі високої частоти» М.: 1965 г.
11. Контар О.Я., Волевакін Г.М. Спосіб визначення зарадженості зернових культур комахами-шкідниками і пристрій для його реалізації. Деклараційний патент на винахід 60509 А. Надрук.15.10.2003. Бюл. № 10.
12. О.Н. Діденко, Б.В. Зверєв, А.В. Прокопенко. НВЧ – руйнування і подрібнення твердих порід на прикладі кімберлітів. ДАН, 2005, т. 403, № 2, с. 1-2.
13. http://extusur.net
14. http://www.valagro.ru/
15. Ю. Н. Пчельников и В. Т. Свиридов «Электроника сверхвысоких частот»
16. Сакалов, Магомед Алиханович «Использование токов СВЧ для повышения эффективности процесса мерсеризации тканей» 1999,автореферат канд. дис. Одержано 08.02.2012

БЮЛЕТЕНЬ ВИЩОЇ АТЕСТАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ УКРАЇНИ



2011

ПРО ЗАРАХУВАННЯ ПУБЛІКАЦІЙ ЯК ФАХОВИХ (З постанови президії ВАК України від 22.04.2011 р. №1-05/4)

У зв'язку зі зверненням до ВАК України редакцій журналів і збірників наукових праць та, враховуючи особливий характер цих видань, президія Вищої атестаційної комісії України

ПОСТАНОВЛЯЄ:

... 2. Зараховувати наукові статті, опубліковані в журналі **«Легка промисловість»** (Державний комітет промислової політики України, Державне центральне бюро технічної інформації з легкої та текстильної промисловості, Київський державний університет технологій та дизайну) на підставі висновку експертної ради ВАК України з технологій харчової та легкої промисловості, **як фахові в галузі технічних наук...**

Перелік усіх фахових видань подано у рубриці «Наукова періодика України» на сайті: www.nbu.gov.ua