

В.В.ОЛІЙНИКОВА, А.І.БАБИЧ, Я.С.ЛУКАНЮК, О.В.МАРУЩЕНКО
(Київський національний університет технологій та дизайну)

Застосування електромагнітного поля надвисокої частоти для полімеризації клейової плівки під час складання взуття

В наш час ведеться пошук нових видів енергії з метою використання їх у взуттєвій промисловості. Наприклад, застосування енергії електромагнітного поля надвисокої частоти (НВЧ-енергія) у технологічному процесі складання взуття для полімеризації клейової плівки під час приклеювання підшви до вершу взуття.

У різних галузях промисловості через значно меншу енергоємність і більш високу продуктивність, порівняно з традиційними технологічними процесами, має широкое застосування обробка діелектричних матеріалів НВЧ-енергією.

Принцип мікрохвильової обробки матеріалів ґрунтується на властивості електромагнітних високочастотних полів (від 300 Мгц до 300 Ггц), впливати на фізичні й біологічні характеристики різних матеріалів та середовищ. Практична цінність такого впливу виявляється також в особливій властивості хвиль не тільки проникати всередину матеріалу, а й вибірково впливати на його властивості.

Спектр цих впливів у промисловості, сільському господарстві, біології та медицині поширюється на сушіння, нагрівання, полімеризацію, поліпшення фізико-механічних і хімічних властивостей конструктивних матеріалів, пастеризацію та консервацію, незаражування біологічних середовищ тощо. Досвід використання мікрохвильових технологій є як у іноземних країнах, так і країнах СНД. В усіх випадках визначений позитивний ефект як в енергозбереженні, так і у прискоренні процесу обробки [1].

Однак, вітчизняна взуттєва промисловість не застосовувала для сушіння й активації клейових плівок НВЧ-енергію, а використовувала радіаційно-конвективний, вакуумний і високочастотний методи.

Поширення надвисокочастотного методу нагрівання пояснюється цілою низкою особливостей. Насамперед, у разі надвисокочастотного нагрівання з'являється можливість забезпечення високої швидкості температури в матеріалі, здійснення вибіркового нагрівання під час обробки неоднорідних матеріалів, що знижує енергетичні витрати процесу загалом. Це явище використовують, наприклад, у процесах склеювання, вирівнювання вологості у процесі сушіння тощо.

Під час сушіння і полімеризації через зменшення коефіцієнта втрат матеріалу в процесі нагрівання швидкість підйому температури до кінця нагрівання автоматично знижується, при цьому зменшується можливість неприпустимого перегрівання продукту. Процес безінерційний і припиняється зі зняттям напруги з робочого конденсатора. Технологічні процеси з використанням швидкісного надвисокочастотного нагрівання легко піддаються механізації й автоматизації.

Надвисокочастотний метод нагрівання дає змогу здійснювати вибіркоче нагрівання клейового шва, бо склеюванню зазвичай підлягає сухий матеріал, що порівняно з клеєм, має мало чинників втрат. Розташування клейового шва уздовж силових ліній електричного поля забезпечує виділення тепла переважно в клейовому шві, що дає можливість знизити витрату енергії (див. рис.1). Крім того, для нагрівання не потрібен контакт між елементом, що склеюється, і електродами, що дає змогу перевести процес склеювання на поточне виробництво [2].

Для надвисокочастотного склеювання застосовують клеї, що мають невеликий термін затвердіння.

Застосування надвисокочастотного нагрівання в даній технології замість нагрівання інфрачервоними випромінювачами дасть можливість скоротити тривалість склеювання в 50 раз.

Так, Полоцьким державним університетом для проведення досліджень щодо впливу концентрованих потоків НВЧ-енергії на різні матеріали і середовища створено експериментальну установку (рис.2). Остання являє собою екрановану камеру з приєднаними до неї двома НВЧ-модулями (у конструкції передбачено можливість оперативного підключення третього модуля).

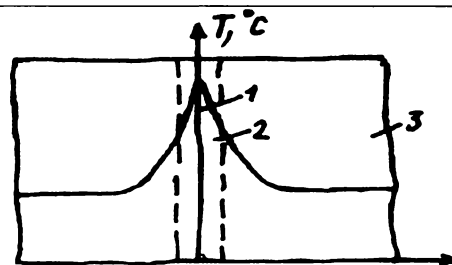


Рис.1. – Крива розподілу температури в елементах, що склеюються:

- 1 – клейовий шов;
- 2 – зона клейового шва;
- 3 – зона матеріалів.

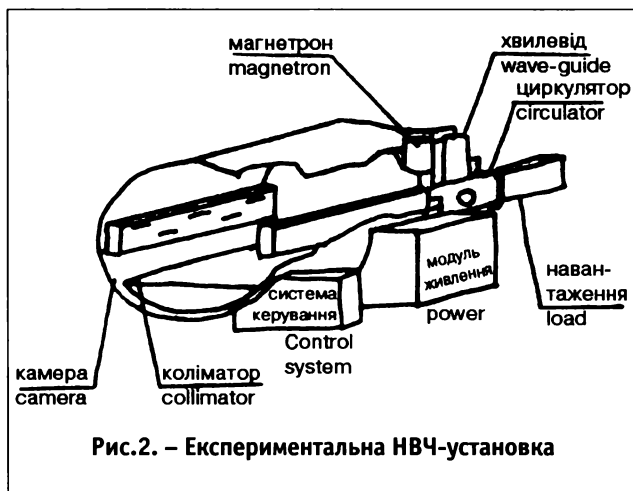


Рис.2. – Експериментальна НВЧ-установка

Модулі складаються з магнетронів (потужність кожного – 760 Вт з робочою частотою 2,45 Ггц), що через хвильводи з'єднані з циркуляторами. Потужність, яка не поглинається середовищем, відводиться у навантаження. Для підвищення рівномірності розподілу СВЧ-поля в обсязі камери застосовані колімпатори.

Установку обладнано автоматизованою мікропроцесорною системою керування роботою модулів.

Дослідження процесів сушіння ниток з скловолокна у виробництві скотканини на цій установці показали значне підвищення якості готового продукту за істотного зниження енерговитрат і підвищення продуктивності, порівняно з традиційними технологічними процесами.

Для здійснення взаємодії НВЧ-поля з оброблюваними матеріалами створюють спеціальні установки з такими основними вузлами:

1. Камера взаємодії, у якій безпосередньо здійснюється обробка матеріалу. Це можуть бути як камери резонаторного чи хвильового типу з дискретним навантаженням (пристрої періодичної дії), так і камери-хвильоводи, типу контейнерних пристроїв беззупинної дії.
2. Джерело НВЧ-енергії, що містить у собі одну чи кілька генераторних ламп (найчастіше магнетронів).
3. НВЧ-тракт, який забезпечує передачу електромагнітної хвилі від лампи до камери і випромінювача, що містить елемент зв'язку, узгодження і розподілу НВЧ-потужності в камері.
4. Елементи автоматичного керування режимів: датчики, процесори тощо.
5. Вузли, що екранізують, для захисту від випромінювання радіоефіру й обслуговуючого персоналу.

Обов'язковою умовою експлуатації НВЧ-пристроїв є їхня біологічна безпека, що передбачає повне екранування робочої камери від можливості проникнення електромагнітних хвиль вище припустимого рівня [3].

Завдяки відсутності необхідності в електродах, низької напруги поля і хвильовому характеру нагрівання у НВЧ-установках можна нагрівати виріб довільної форми з найрізноманітніших матеріалів, в тому числі напівпровідники і діелектрики з малими втратами.

ВИСНОВОК

Великий досвід застосування НВЧ-нагрівання у різних галузях техніки свідчить про відсутність якого-небудь специфічного явища, зв'язаного з нетепловим впливом на оброблюваний матеріал. Тому можна стверджувати, що НВЧ-нагрівання так само, як і нагрівання ВЧ-енергією, є окремими випадками діелектричного нагрівання і за характером подібні впливу на діелектричні матеріали. Практично товщина шару матеріалу, що нагрівається у НВЧ-полі, та виробу не мають перевищувати 2,5–3Δ[2].

Застосування НВЧ-нагрівання у сушільних процесах дає особливо високі результати. Технологічні особливості процесу сушіння і техніко-економічних показників установок з ВЧ- та НВЧ-енергопідводами приблизно однакові. Перевагою НВЧ-сушільних установок є можливість обробляти розчини, а також матеріали з високою початковою вологістю.

Головними перевагами НВЧ-сушіння є дуже висока швидкість сушільних процесів і енергетичні показники. За звичайних методів нагрівання низька теплопровідність більшості діелектриків є чинником, що обмежує максимально досягнути швидкість сушіння. Завдяки об'ємному тепловиділенню швидкість сушіння під час НВЧ-нагрівання залежить тільки від потужності генератора і може бути як завгодно великою.

Щоб подати всі переваги від заміни традиційної технології на сушіння з використанням НВЧ-нагрівання, варто зупинитися на особливостях сушільного процесу. Сушіння, як процес видалення води чи розчинника з матеріалу, може бути реалізований двома способами: випаровуванням, якщо навколишнє середовище не насичене паром, або температура матеріалу вища за точку кипіння. Саме м'який процес випаровування є характерним для більшості традиційних сушільних апаратів. За такого режиму всередині матеріалу не виникає надлишкового тиску пари, а температура матеріалу може бути дуже помірною.

Заміна традиційних методів нагрівання на НВЧ-нагрівання за збереження м'якого режиму сушіння не дає істотного підвищення швидкості через інерційність процесу вологопереносу, що протікає за температури, яка нижча за точку кипіння в рідкій фазі. Для реалізації високоінтенсивного режиму сушіння випаровуванням матеріал необхідно нагріти до температури точки кипіння, що важко здійснити в звичайних установках, проте досить просто в установках з НВЧ-нагріванням. У останньому випадку перетворення рідини на пару відбувається на увесь обсяг матеріалу зі швидкістю, пропорційною щільності тепловиділення [2].

В НВЧ-установках щільність потужності тепловиділення сягає 1-2 Вт/см³, а енерговитрати на випаровування є близькими до теоретично необхідної межі (наприклад для води – 1 кВт·год/кг). Тому швидкість сушіння може бути дуже високою. Характеристика енергетичних параметрів НВЧ-сушіння визначається відношенням значення потужності НВЧ-енергії, що підводиться до сушільної камери – $P_{\text{под}}$ до маси матеріалу в камері – M , тобто $P_{\text{м}} = P_{\text{под}}/M$, кВт/кг.

В існуючих сушільних установках щільність потужності, яка підводиться, становить $P_{\text{м}} = 0,2-3$, кВт/кг, що відповідає режиму високоінтенсивного сушіння. У низці випадків високі результати дає використання комбінованого сушіння гарячим повітрям у поєднанні з НВЧ-нагрів.

Таким чином, термін «НВЧ», щодо електромагнітних хвиль, означає діапазон з частотами від 300 Мгц до 300 Гц. В основі процесів НВЧ-енергетики лежить ефект трансформації енергії електромагнітних хвиль НВЧ-діапазону в теплову енергію – діелектричне нагрівання або НВЧ-нагрівання. У полі електромагнітних хвиль, зокрема НВЧ-діапазону, можна досягти швидкого, безінерційного нагрівання, всього обсягу оброблюваного матеріалу.

Доцільність застосування НВЧ-енергії для сушіння і полімеризації клеїв зумовлено низкою техніко-економічних показників. Це – підвищення якості склеювання, скорочення тривалості сушіння клейової плівки, теплова безінерційність, тобто можливість практично миттєвого вмикання і вимикання теплового впливу, що дає змогу заощаджувати електроенергію, економити площі, які відводяться для розміщення устаткування; високий КПД перетворення НВЧ-енергії в теплову; екологічна чистота [3].

Тому на сучасному етапі вивчення мікрохвильового впливу і проектування НВЧ-установок для взуттєвої промисловості можна виділити такі напрямки роботи:

- ◆ *Розроблення й вдосконалення НВЧ-установок*
- ◆ *Вивчення фізико-хімічних перетворень у різноманітних середовищах у разі дії НВЧ випромінювання різної потужності й частоти*
- ◆ *Визначення оптимальних режимів обробки, у виборі співвідношення між щільністю потоку НВЧ-енергії та масою матеріалу, тривалістю впливу електромагнітного поля та вимог продуктивності*
- ◆ *Застосування математичних моделей електродинаміки і тепло-, масообміну для комп'ютерного моделювання процесів НВЧ обробки, створення комп'ютерних додатків і керуючих програм*
- ◆ *Оптимізація, як технологічних процесів НВЧ обробки, так і конструкцій установок, в тому числі й з метою забезпечення надійного біологічного захисту*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов. Л., 1989, Княжеская Г.С., Фирсова М.Г., с.35–40.*
2. *Физические методы интенсификации технологических процессов. М., сб. 2, 1987, Альтер-Песоцкий Ф.Л. с. 55–56.*
3. *Новые клеи и технология склеивания. М., 1986, Майорова З.А., Филипова А.И., с.86–87.*

Одержано 28.09.2009