

В.Ф. Кохан, М.В. Естріна
Українська академія друкарства

УЛЬТРАЗВУК: ВЛАСТИВОСТІ ТА ВАЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ В ПОЛІГРАФІЧНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ

Здійснено огляд джерел інформації про можливість використання ультразвукового випромінювання. Показано його перспективність у поліграфічній галузі.

An overview of sources of information about the possible use of ultrasonic radiation and shown its prospects in the printing industry.

Як показує аналіз літературних джерел [1 – 5], одним з перспективних способів інтенсифікації процесів у поліграфії є опромінення технологічних розчинів ультразвуковим полем. Однак цей спосіб не знайшов широкого розповсюдження, в зв'язку з чим виникає потреба в аналізі можливостей як звукохімії, так і найпоширенішого варіанту цього напрямку – ультразвуку (УЗ).

Наша мета – здійснити огляд літературних джерел про можливість використання УЗ.

Як показує літературний аналіз, УЗ – це пружні коливання і хвилі, частота яких перевищує 15 – 20 кГц. Нижня межа області ультразвукових частот, що відділяє її від області звуку, який здатна сприймати людина, визначається суб'єктивними властивостями людського слуху та є умовною, оскільки верхня межа слухового сприйняття в кожного різна. Верхня межа ультразвукових частот обумовлена фізичною природою пружних хвиль, які поширюються лише в матеріальному середовищі, тобто за умови, що довжина хвилі значно більша за довжину вільного пробігу молекул у газі або міжатомних відстаней у рідинах і твердих тілах. У газах при нормальному тиску верхня межа частот УЗ складає 10^9 Гц, у рідинах і твердих тілах гранична частота досягає 10^{12} – 10^{13} Гц. Залежно від довжини хвилі і частоти УЗ має різні специфічні особливості випромінювання, прийому, поширення і застосування, тому область ультразвукових частот підрозділяють на низькі ультразвукові ($1,5 \cdot 10^4$ – 10^5 Гц); середні (10^5 – 10^7 Гц); високі (10^7 – 10^9 Гц) і пружні хвилі (гіперзвук, 10^9 – 10^{13} Гц).

Щодо фізичних властивостей, то ультразвукові хвилі за своєю природою не відрізняються від пружних хвиль чутного діапазону. У газах і рідинах поширюються тільки поздовжні хвилі, а в твердих тілах – поздовжні і зсувні.

Поширення ультразвуку описується основними законами, загальними для акустичних хвиль будь-якого діапазону частот. До них відносяться закони відображення й заломлення звуку на межах різних середовищ; дифракції та розсіяння звуку при наявності перешкод і неоднорідностей у середовищі й нерівностей на межах і хвилеподібного поширення в обмежених ділянках середовища.

Істотну роль при цьому відіграє співвідношення між довжиною хвилі звуку λ і геометричним розміром D – розміром джерела звуку або перешкоди на шляху хвилі, та розміром неоднорідностей середовища.

Швидкість поширення ультразвукових хвиль у необмеженому середовищі визначається характеристиками пружності і щільності середовища. В обмежених

середовищах на швидкість поширення хвиль впливають наявність і характер меж, що приводить до частотної залежності швидкості (дисперсія швидкості звуку). Зменшення амплітуди й інтенсивності ультразвукової хвилі в міру її поширення в заданому напрямі, тобто загасання звуку, викликається, як і для хвиль будь-якої частоти, розбіжністю фронту хвилі з віддаленням від джерела, розсіянням і поглинанням звуку. На усіх частотах діапазону наявне місце так зване "класичне" поглинання, викликане зсувною в'язкістю (внутрішнім тертям) середовища. Крім того, існує додаткове (релаксаційне) поглинання, яке часто істотно перевищує "класичне" поглинання.

При значній інтенсивності звукових хвиль з'являються нелінійні ефекти:

порушується принцип суперпозиції і виникає взаємодія хвиль, що спричиняє появу тонів;

змінюється форма хвилі, її спектр збагачується вищими гармоніками і, відповідно, зростає поглинання;

при досягненні певного порогового значення інтенсивності УЗ у рідині виникає кавітація.

Специфічні особливості ультразвуку використовуються для визначення неоднорідностей у твердому тілі. З точки зору дії УЗ на речовину на границях розділу "рідина – тверде тіло" існує кавітація, з якою і пов'язується специфічна фізико-хімічна дія УЗ. Хоча фізична природа УЗ і закони, що визначають його поширення, однакові для звукових хвиль будь-якого діапазону частот, ультразвук має ряд специфічних особливостей.

Вони обумовлені відносно високими частотами УЗ.

Мале значення довжини хвилі визначає променевий характер поширення ультразвукових хвиль. Поблизу випромінювача хвилі поширюються у вигляді пучків, поперечний розмір яких близький до розміру випромінювача. Потрапляючи на великі перешкоди, такий пучок (УЗ– промінь) випробує відображення і заломлення. При попаданні променя на малі перешкоди виникає розсіяна хвиля, що дозволяє виявити в середовищі малі неоднорідності (порядку десятих і сотих частинок міліметра). Відображення і розсіання УЗ на неоднорідностях середовища дозволяють формувати в оптично непрозорих середовищах звукові зображення предметів, використовуючи звукові фокусуєчі системи, подібно до того, як це робиться за допомогою світлових променів.

Фокусування УЗ дозволяє не лише отримувати звукові зображення (системи звукобачення і акустичної голографії), але й концентрувати звукову енергію. За допомогою ультразвукових фокусуєчих систем можна формувати задані характеристики спрямованості випромінювачів і керувати ними.

Періодична зміна показника заломлення світлових хвиль, пов'язана зі зміною щільності в УЗ-хвилі, викликає дифракцію світла на ультразвуці, що можна спостерігати на частотах УЗ мегагерцево-гігагерцевого діапазону. УЗ – хвилю при цьому можна розглядати як дифракційні ґрати.

Кавітація – складний комплекс явищ. Ультразвукові хвилі, що поширюються в рідині, утворюють області, які чергуються, з високих і низьких тисків, що спричиняють створення зон високих тисків і зон розріджень. У розрідженій зоні гідростатичний тиск знижується до такої міри, що сили, діючі на молекули рідини, стають більшими за сили міжмолекулярного зчеплення. У результаті різкої зміни гідростатичної рівноваги рідина "розривається", утворюючи численні найдрібніші бульбашки газів і пари. У наступний момент, коли в рідині настає період високого

тиску, бульбашки, що утворилися раніше, згортаються. Процес згортання їх супроводжується утворенням ударних хвиль з дуже високим місцевим миттєвим тиском: досягає декількох сотень атмосфер і викликає ряд фізико-хімічних явищ на границі "рідина – тверде тіло".

Складний рух бульбашок, їх згортання та злиття і т. д. породжують у рідині імпульси стискування (мікроударні хвилі) і мікропотоки, викликають локальне нагрівання середовища, іонізацію. Ці ефекти здійснюють вплив на речовину: відбуваються руйнування твердих тіл (ерозія кавітації), що знаходяться в рідині, перемішування рідини, ініціюються або прискорюються різні фізичні і хімічні процеси. Змінюючи умови протікання кавітації, можна посилювати або послаблювати різні ефекти кавітацій. Наприклад, з підвищенням частоти УЗ зростає роль мікропотоків і зменшується ерозія кавітації, зі збільшенням тиску в рідині посилюється роль мікроударних дій. Збільшення частоти приводить до підвищення порогового значення інтенсивності, що відповідає початку кавітації, який залежить від роду і газовмісту рідини, температури і т.д. Для води при атмосферному тиску воно зазвичай складає 0,3-1,0 Вт/см².

Аналіз літературних відомостей дав змогу описати **особливості джерел і приймачів УЗ**. Випромінювачі ультразвуку можна підрозділити на дві великі групи. До першої з них відносяться випромінювачі-генератори, коливання в яких збуджуються через наявність перешкод на шляху постійного потоку – струменів газу або рідини. Друга група випромінювачів – це електроакустичні перетворювачі: уже задані коливання електричної напруги або струму перетворюють у механічне коливання твердого тіла, яке і випромінює в довкілля акустичні хвилі.

Разом з тим було виділено основні напрямки **використання ультразвуку**. Застосування УЗ можна умовно розділити на три напрями: отримання інформації за допомогою ультразвукових хвиль; активна дія їх на речовину; обробка і передача сигналів. У кожному конкретному випадку використовується УЗ певного частотного діапазону.

Особливо цікавою сферою використання УЗ є очищення. **Ультразвукове очищення** – складний процес, який поєднує місцеву кавітацію з дією високих прискорень в очищаючій рідині, що викликає руйнування забруднень. Якщо забруднену деталь помістити в рідину й опромінити ультразвуком, то під дією ударної хвилі бульбашок кавітацій її поверхня очищається від бруду.

Якість УЗ очищення незрівнянна з іншими способами. Наприклад, при полосканні деталей на їх поверхні залишаються до 80% забруднень, при вібраційному очищенні – близько 55%, при ручному – майже 20%, при ультразвуковому – не більше 0,5%. Крім того, деталі, що мають складну форму і важкодоступні місця, можна добре очистити тільки за допомогою ультразвуку.

Ультразвукове очищення – високопродуктивне при малих витратах фізичної праці, забезпечує можливість заміни вогнебезпечних або дорогих органічних розчинників безпечними і дешевими водними розчинами лугів, рідким фреоном тощо. Серйозною проблемою є боротьба із забрудненням повітря пилом, димом, кіптявою, оксидами металів. Ультразвуковий метод очищення газу і повітря може застосовуватися в існуючих газовідводах незалежно від температури і вологості середовища. Якщо ультразвуковий випромінювач помістити в пилоосаджуючу камеру, то ефективність її дії зростає в сотні разів. Ще одним цікавим і перспективним напрямком використання УЗ є диспергування для отримання аерозолів і емульсій.

Таким чином, аналіз літературних джерел щодо властивостей УЗ показано, що використання останнього є перспективним для очищення та диспергування в різноманітних процесах у поліграфії.

1. Лазаренко Э.Т. Активация технологических сред в полиграфии / Э.Т. Лазаренко., И.И. Конюхова., – М.: Кн. палата, 1990. – 40 с. ISSN 0134 9147.

2. Лазаренко Э.Т. Исследование особенностей растворения неосвещенных участков фотополимерных копий в процессе изготовления гибких фотополимерных печатных форм: автореф. дис. на сыскание науч. степени канд. техн. наук : спец 399 / Э.Т. Лазаренко. – М., 1969. – 22 с.

3. Северденко В.П. Применение ультразвука в промышленности / В.П. Северденко., В.В. Клубович., – Минск: Наука и техника, 1967. – 98 с.

4. Хорбенко И.Г. В мире неслышимых звуков, И.Г. Хорбенко. – М. : Машиностроение, 1971. – 160 с.

5. Ультразвук: Мален. энцикл. / Гл. ред. И.П. Голямина. – М.: Сов. энцикл., 1979. – 400 с.