

УДК 677.027.254

М.Л. Кулігін, Г.А. Чумаков

ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ПІДГОТОВКИ БАВОВНЯНИХ ТКАНИН

Частина 2

У роботі досліджено вплив ультразвукового випромінювання на процеси просочення та промивки при підготовці бавовняних тканин. Досліджено вплив ультразвукової обробки на основні показники якості підготовленої тканини – капілярність та близну.

Вступ. Одним з перспективних напрямків розвитку текстильної промисловості пов'язано з використанням фізичних методів впливу на матеріали, що обробляються в рідкому середовищі, з метою інтенсифікації та суміщення технологічних процесів, підвищення продуктивності праці та якості виробів, покращення використання сировини, створення замкнутих технологічних циклів та безвідходних технологій [1].

Досить ефективним, екологічно безпечним є використання ультразвукових коливань частотою від 20 кГц. Перевагою впливу за допомогою ультразвукового випромінювання є те, що, у порівнянні з іншими фізичними способами інтенсифікації, обробка здійснюється на вже існуючому устаткуванні при прискоренні процесу в 1,5-2 рази.

При розповсюдженні в газах, рідині та твердих тілах ультразвук породжує ряд явищ: кавітацію, звуковий тиск та ін.

Кавітація – це складний комплекс явищ, пов'язаних з виникненням, розвитком та схлопуванням в рідкому середовищі найдрібніших пухирців газу. Ультразвукові хвилі при розповсюдженні в рідині створюють області високого та низького тиску, що чергуються. В областях, де створюється розрідження, гідростатичний вплив зменшується до такого ступеня, що сили, які впливають на молекули рідини, стають більшими за сили міжмолекулярного зчеплення. У результаті рідина розривається, утворюється найдрібніший пухирець. У наступний момент високого тиску пухирець захоплюється, що супроводжується утворенням ударних хвиль з дуже великим тиском $5\text{-}50\cdot 10^6$ Па та високою температурою – до 500 °С, утворенням потужного електричного поля з напруженістю до 10^{11} В/м. При цьому, кавітація може в значній мірі впливати як на швидкість дифузії, так і на дифузійний шар, зокрема на в'язкий шар та власне дифузійний шар, що відіграє значну роль в гетерогенних процесах.

Ультразвукова інтенсифікація процесів, пов'язаних з дифузійним проникненням розчинів в набряклі нерозчинні матеріали, відбувається в результаті створення значних турбулентних течій, звукового тиску, наслідком чого є порушення дифузійних межових шарів, їх руйнування. Крім того, в результаті передвічного руйнування та тиску рідини у напрямку волокна виникає ефект губки – розчини по капілярам швидше протікають всередину матеріалу, що обробляється [2, 3].

Постановка задачі. Метою дійсної роботи було дослідження ультразвукового впливу на процеси підготовки бавовняних тканин перед кольоруванням.

Основна частина. Як відомо з літературних джерел, УЗВ активно впливає на характер проходження хімічних реакцій [4]. Тому наступним етапом даної роботи було дослідження впливу УЗВ на характеристики таких водних розчинів, як рН та Redox (ОВП) потенціал.

Дані дослідження наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Залежність рН та Redox (ОВП) потенціалу від часу обробки в УЗВ (досліджувалась технічна вода)

№ варіанту обробки	Термін обробки, хв	рН	Температура розчину, °С	Redox (ОВП) потенціал, мВ
1	1	7,45	15,3	40
2	5	7,53	15,5	39
3	15	7,56	15,7	43
4	20	7,57	16,4	44
5	30	7,59	16,5	41
6	40	7,63	17,1	41
7	50	7,78	17,7	40
8	60	7,97	18,3	39

Як видно із табл. 1, УЗВ змінює значення рН технічної води з доданням ПАР в лужну сторону та збільшує Redox потенціал.

Таблиця 2

**Залежність рН та Redox (ОВП) потенціалу від часу обробки в УЗВ
(досліджувалась дистильована вода)**

№ варіанту обробки	Термін обробки, хв	рН	Температура розчину, °С	Redox (ОВП) потенціал, мВ
1	0,5	6,65	15,4	108
2	1	6,56	15,5	108
3	5	6,18	16,4	101
4	15	6,05	19,2	88
5	20	6,33	19,6	80
6	30	6,52	19,8	75
7	40	6,69	20	71
8	50	6,81	20,6	66
9	60	7,04	21,5	63

Як видно із табл. 2, УЗВ практично не змінює значення рН та Redox потенціалу дистильованої води, оскільки в ній практично відсутні домішки, що можуть під впливом ультразвуку розкладатись на компоненти та вступати у хімічні реакції.

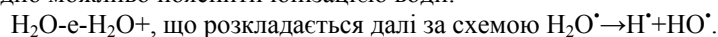
Таблиця 3

**Залежність рН та Redox (ОВП) потенціалу від терміну обробки в УЗВ
(досліджувалась технічна вода з доданням ПАР - сульфасід)**

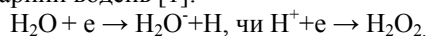
№ варіанту обробки	Термін обробки, хв	рН	Температура розчину, °С	Redox (ОВП) потенціал, мВ
1	0,5	7,06	15,2	49
2	1	7,11	15,5	44
3	5	7,34	16,2	46
4	15	7,4	16,2	46
5	20	7,48	17,2	61
6	30	7,55	17,6	70
7	40	7,68	18,3	82
8	50	7,71	17,8	85
9	60	7,75	19,3	85

Як видно із табл. 3, УЗВ змінює значення рН технічної води з доданням ПАР в лужну сторону та збільшує Redox потенціал.

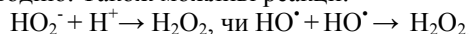
Отримані результати зміни Redox потенціалу та рН значно в лужну сторону під впливом УЗВ вірогідно можливо пояснити іонізацією води:



Відірваний електрон проходить відстань, що визначається енергією, з якою його було вибито з молекули. На своєму шляху електрон може бути приєднано до молекули води чи до іону водню, в результаті чого утворюється атомарний водень [1]:



Вірогідність взаємодії внаслідок цього достатньо висока, що призводить до створення додаткових пергідроксі іонів чи пероксиду водню. Також можливі реакції:



При впливі ультразвуку на водні розчини іонізація молекул водню здійснюється в газовій фазі, тобто в кавітаційних порожнинах [2,3]. Тривалість життя кавітаційного пухирця складає менше

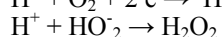
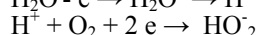
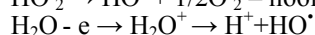
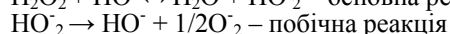
половини періоду частоти ультразвуку, що використовується (при частоті 20 кГц – $2,5 \cdot 10^{-5}$ с). В свою чергу, час існування радикалів, що створюються, – 10^{-3} - 10^{-4} с.

Таблиця 4

Залежність рН та Redox потенціалу від часу обробки в УЗВ на відбілюючий розчин: пероксид водню - 30 г/л; луг - 7 г/л; силікат натрію - 10 г/л; ПАР сульфасід – 1 г/л

№ варіанту обробки	Час обробки, хв	рН	Температура розчину, °С	Redox (ОВП) потенціал, мВ
1	0,5	12,91	18,4	-116
2	1	12,88	18,6	-110
3	5	12,92	17,9	-97
4	15	12,86	17,9	-95
5	20	12,88	18	-94
6	30	12,9	18	-96
7	40	12,89	17,9	-96
8	50	12,86	18,5	-96
9	60	12,86	18,6	-9

Аналіз даних, що характеризують вплив УЗ на відбілюючий розчин (табл. 4), свідчать про значні зрушення рН відбілюючого розчину в лужну область (з 11,65 до 12,9), що сприяє швидшому розкладу пероксиду водню. Крім того, дозволяє вважати, що з анігіляцією пухирця у водне середовище активні у хімічному відношенні гідроксильні радикали та атоми водню. Тому вплив ультразвукових хвиль на систему пероксид водню – вода призводить до утворення пергідроксил-іонів за схемою:



що і сприяє підвищенню Redox потенціалу пероксидного розчину на 15% та збільшує його реакційну здатність відносного полімеру в процесі відбілювання.

Отримані дані узгоджуються з результатами дослідження авторів [4].

Наступний етап роботи помічав у визначенні місця у технологічному процесі операції ультразвукової промивки та її вплив, у сполученні з двохстадійним білінням, на показники якості текстильного матеріалу. Обробку проводили за технологічною схемою, що наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Визначення місця у технологічному процесі операції ультразвукової промивки

№	Технологічна операція	Варіант обробки					
		1	2	3	4	5	6
1.	Просочення розчином ПАР неонол - 3 г/л, t=98°C	+	+	-	-	-	-
2.	Вилежування 24 години	+	+	-	-	-	-
3.	Просочення H ₂ SO ₄ - 5 г/л вилежування 20 години хв при 20°C	-	-	+	+	+	-
4.	Промивка у УЗ вані t=25-30°C в розчині ПАВ (неонол) - 3 г/л	+	+	+	-	-	+
5.	Просочення відбілюючим розчином: луг - 7 г/л, пероксид водню 100%-ий - 30 г/л, силікат натрію - 10 г/л, ПАР (неонол) 2 г/л, персульфат калію 5 г/л.	+	+	+	+	+	+
6.	Вилежування 24 години	+	+	+	+	+	+
7.	Промивка у УЗ ванні t=25-30°C в розчині ПАР (неонол) - 3 г/л	-	-	-	+	-	-
8.	Просочення відбілюючим розчином: луг - 3 г/л, пероксид водню 100%-ий 15 г/л, силікат натрію 5 г/л, ПАР (неонол) - 1 г/л,	+	-	+	+	+	+
9.	Просочення відбілюючим розчином: луг - 7 г/л, пероксид водню 100%-ий -30 г/л, силікат натрію 10 г/л, ПАР (неонол) 2 г/л	-	+	-	-		-
10.	Вилежування 24 години	+	+	+	+	+	+
11.	Промивка у УЗ ванні t=25-30°C в розчині ПАР (неонол) - 3 г/л	-	-	-	-	+	-
12.	Промивка гарячою водою, t=85-90°C	+	+	+	+	+	+
13.	Промивка холодною водою, t=18-20°C	+	+	+	+	+	+
14.	Кислування H ₂ SO ₄ , 3 г/л	+	+	+	+	+	+
15.	Промивка холодною водою, t=18-20°C	+	+	+	+	+	+
16.	Сушіння (конвективне 120°C)	+	+	+	+	+	+

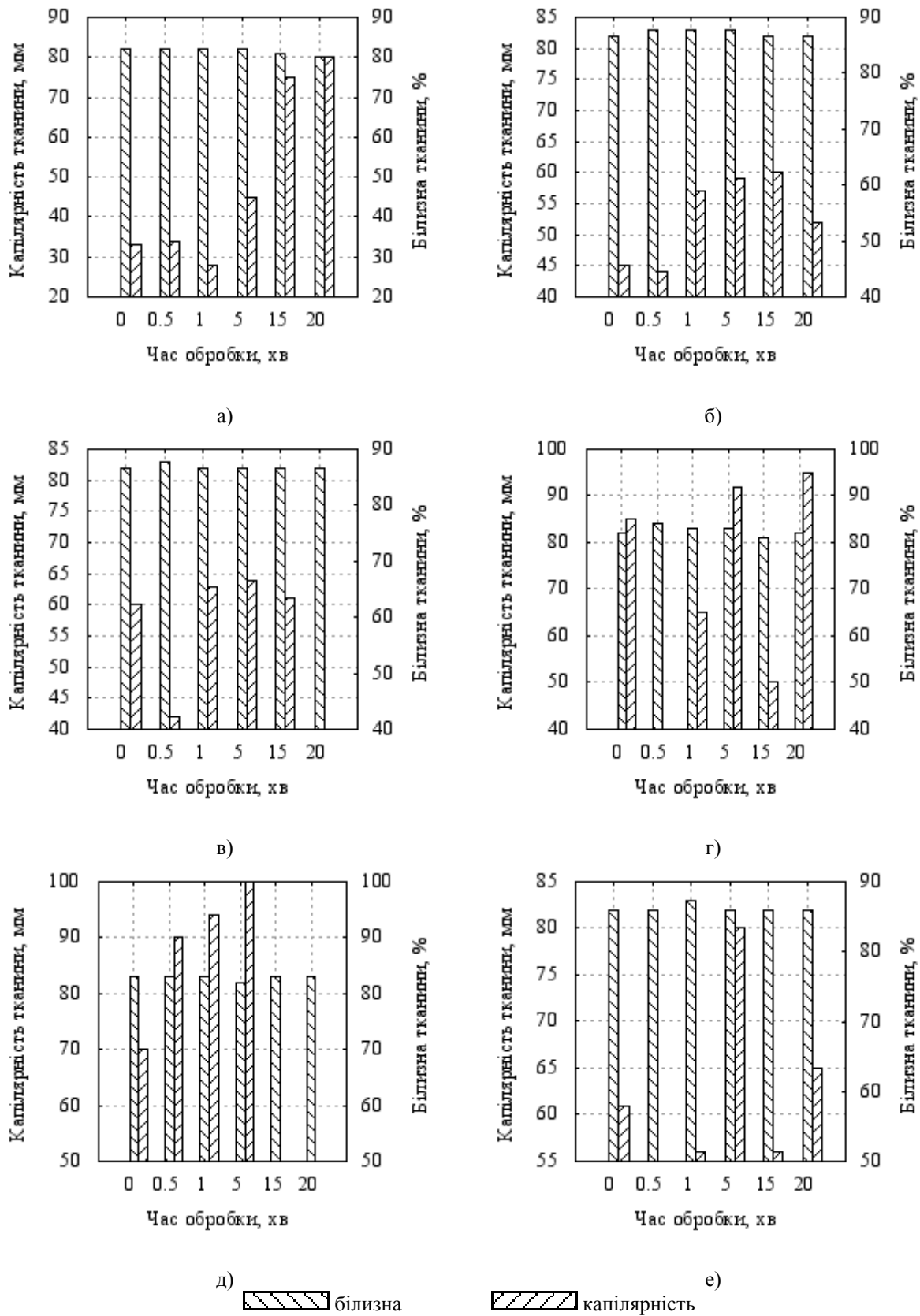


Рис. 1. Показники якості підготовленої бавовняної тканини: а – варіант 1, б – варіант 2, в – варіант 3, г – варіант 4, д – варіант 5, е – варіант 6.

Аналіз даних табл. 5 та рис. 1 свідчить про те, що використання двохстадійного пероксидного способу біління дозволяє отримати білізну тканини до 82%, що відповідає вимогам ДСТУ до відбілених тканин. У технології обробки за варіантом 1 у другій просочувальній ванні для економії хімічних матеріалів концентрації реагентів було знижено удвічі, а промивка з УЗВ проводилась після біологічного розшліхтування при температурі 25-30°C у присутності ПАР. Капілярність обробленої тканини зростає пропорційно часу обробки і після 20 хв складає 80 мм за 20 хв., але при цьому на 2% знижується білізна тканини.

У 2-му (табл. 5 рис. б) варіанті технології обробки була збільшена концентрація вибілюючого розчину для другої стадії. Параметри та положення в процесі операції ромивки з УЗВ осталося незмінним. Аналіз даних та рис. 2 свідчить про те, що завдяки збільшенню концентрації білізна обробленої тканини при будь-яком часі обробки становила не менш 82%. Але, у порівнянні з першим варіантом технології обробки, отримано низькі значення капілярності – до 60 мм за 15 хв.

У варіанті 3 (табл. 5 рис. в) операція біорозшліхтування була замінена на розліхтування сірчаною кислотою. Параметри та положення у процесі операції ромивки з УЗВ залишилось незмінним. Аналіз даних свідчить про те, що більш ефективно видалення крохмалю сірчаною кислотою практично не вплинуло на капілярні властивості обробленої тканини – до 64 мм за 5 хв обробки на білізні – 82%, але зменшився час обробки до значення 60 мм з 15 хв. у другому варіанті, до 5 хв. у третьому варіанті технології обробки.

У варіанті 4 (табл. 5 рис. г) операція біорозшліхтування була замінена на розліхтування сірчаною кислотою. Змінилося положення у процесі операції промивки з УЗВ – після першої стадії вибілювання. Було припущено, що видалення частки віскоподібних речовин після першої стадії біління дозволе покращити просочення відбілюючим розчином на другій стадії і таким чином збільшити білізну та капілярність. Аналіз даних свідчить про те, що досягнуто 90 мм за 5 хв. обробки та білізні – 83%, збільшення часу обробки до 20 хв. покращило капілярність лише до 95 мм.

При обробці за варіантом 5 (табл. 5 рис. д) розшліхтування проводилось сірчаною кислотою, а промивка з УЗВ та ПАР після другої стадії біління. Як і в попередніх варіантах, краще значення капілярності 100 мм отримано при обробці впродовж 5 хв. За всіма варіантами білізна склала 82-83%.

У 6-му варіанті обробки (табл. 5 рис. е) операція розшліхтування була заміщена промивкою в ультразвуковій ванні з ПАР. Краще значення капілярності 80 мм отримано за 5 хв. обробки. Білізна за будь-який час обробки склала 82%.

Загальні висновки

1. Досліджено вплив ультразвукового випромінювання на текстильний матеріал при заміщенні операції хімічного розшліхтування. Використання ультразвукових хвиль сприяє видаленню крохмалю у достатньо короткий час, завдяки чому можливо покращити здатність тканини до змочування під час наступних обробок, але не забезпечує рівень капілярності, що вимагає ДСТУ.
2. Досліджена інтенсифікація промивки після вибілювання за допомогою ультразвукового випромінювання. Встановлено, що збільшення часу обробки (більш 5 хв.) в ультразвуковому випромінюванні приводить до погіршення капілярних властивостей, що можна пояснити ресорбцією віскоподібних речовин у волокно.
3. Досліджена інтенсифікація промивки після операції біологічного розшліхтування за допомогою ультразвукового випромінювання. Встановлено, що обробка в ультразвуковому випромінюванні, сумісно з доданням у промивний розчин ПАР та високою температурою 80-90°C, сприяє значному поліпшенню капілярних властивостей текстильного матеріалу, що можна пояснити ефективним видаленням не тільки крохмалю, але і воскоподібних речовин з поверхневого шару бавовняного волокна.
4. Досліджено можливість інтенсифікації процесу розшліхтування з використанням окислювачів за допомогою ультразвукового випромінювання. Встановлено, що ультразвукове випромінювання незначно впливає на ефективність процесу розшліхтування у присутності окислювачів без попереднього замочування матеріалу перед обробкою. Гаряча промивка після процесу біління не покращила капілярність, яка за 20 хв. обробки в ультразвуковій ванні досягла лише 20 мм.
5. Досліджено процеси, що проходять у водних розчинах під впливом ультразвукового випромінювання:
 - ультразвукове випромінювання змінює значення рН технічної води з доданням ПАР у лужну сторону та збільшує Redox потенціал;
 - ультразвукове випромінювання змінює значення рН технічної води ПАР у лужну сторону та практично не змінює Redox потенціал;
 - під впливом ультразвукового випромінювання у відбілюючому розчині практично не змінюється рН, а Redox потенціал змінюється з -116 до -9, що негативно впливає на ефективність

процесу вибілювання.

6. Досліджено вплив ультразвукового випромінювання під час процесу промивання на різних стадіях двохстадійного процесу холодного пероксидного вибілювання. Встановлено, що використання двохстадійного пероксидного способу біління дозволяє отримати білизну тканини 82%, що відповідає вимогам ДСТУ до відбілених тканин. За рахунок видалення частки віскоподібних речовин після першої стадії біління, що дозволяє покращити просочення відбілюючим розчином на другій стадії процесу біління та, таким чином, збільшити білизну та покращити капілярні властивості текстильного матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Эльпинер И.Е. Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие. М.: ГИФМЛ, 1963. – 420 с.
2. Сафонов В.В., Богданов Г.А. Влияние ультразвука на процессы беления хлопчатобумажных тканей. Текстильная промышленность, 1989, № 1.– С. 60-61.
3. Исследование влияния ультразвукового поля на скорость отбеливания хлопчатобумажных тканей / В.В. Садов, Г.А. Богданов, О.Д. Краснова. Межвузовский сборник научных трудов. М., 1983. – С. 80-85.
4. А.В. Шибашов Изучение влияния УЗВ поля на окислительно-восстановительный потенциал пероксида водорода / Химия и химическая технология. – 2007, №12. – С. 80-82.

КУЛІГІН Михайло Львович – к.т.н., доцент кафедри хімічної технології та дизайну волокнистих матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- ресурсозаощаджуючі технології в текстильній промисловості;
- попередня підготовка текстильних матеріалів;
- заключна обробка тканин.

ЧУМАКОВ Геннадій Анушевіч – к.т.н., доцент кафедри обладнання хімічних виробництв, підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- ресурсозаощаджуючі технології в текстильній промисловості.