



الجمهورية العربية السورية

جامعة البعث

كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية

قسم هندسة الغزل والنسيج

**تطوير معالجة الأقمشة القطنية بمواد تطرية باستخدام تقنية النانو**

دراسة أعدت لنيل شهادة الماجستير في هندسة الغزل والنسيج

بإختصاص (هندسة النسيج ومعالجاته)

إعداد

**المهندسة يارا محمد شاهين ملحم**

إشراف

المشرف العلمي المشارك

**الدكتورة المهندسة رامية المحمد**

المدرس في قسم هندسة الغزل والنسيج

المشرف العلمي

**الدكتورة المهندسة غزل طهماز**

المدرس في قسم هندسة الغزل والنسيج

**2020/1442**



## تصريح

أصرح بأن هذا البحث:

تطوير معالجة الأقمشة القطنية بمواد تطرية باستخدام تقنية النانو لم يسبق أن قدم أية شهادة,  
ولا هو مقدم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

المرشحة يارا محمد شاهين ملحم

## Declaration

It is here by declared that this research:

**Developing the Treatment of Cotton Fabrics with Softeners Using  
Nanotechnology**

Has not already been accepted for any degree and it is not being  
submitted concurrently for any other degree.

Candidate

Yara Mohammad Shaheen Molheem



## شهادة

نشهد أن العمل الموصوف في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة يارا شاهين ملحم تحت إشراف الدكتورة غزل طهماز والدكتورة رامية محمد في قسم هندسة الغزل والنسيج في كلية الهندسة الكيميائية والبترولية بجامعة البعث وأي رجوع إلى بحث آخر في هذا الموضوع موثوق في النص.

المشرف العلمي المشارك  
د. رامية محمد

المشرف العلمي  
د. غزل طهماز

المرشح  
م. يارا محمد شاهين ملحم



## الفهرس

I	الفهرس
VII	فهرس الأشكال
XI	فهرس الجداول
xIII	مصطلحات علمية
1	أهمية البحث والهدف منه
3	المقدمة
5	الفصل الأول: المعالجات النهائية للمنسوجات
5	1-1 تعريف المعالجات النهائية للمنسوجات
5	2-1 تصنيف المعالجات النهائية للمنسوجات
7	1-2-1 المعالجات النهائية الميكانيكية
7	1-1-2-1 الصقل
7	2-1-2-1 التوبير
8	1 3-1-2 القص
8	4-1-2-1 الدكترزة
8	5-1-2-1 الامتلاء
9	6-1-2-1 الصنفرة
9	8-1-2-1 الرفع
9	9-1-2-1 التدبيغ
10	2-2-1 المعالجات النهائية الفيزيائية
10	1-2-2-1 البلازما
11	2-2-2-1 الليزر
11	3-2-2-1 الميكرويف
11	4-2-2-1 الترددات الراديوية
11	5-2-2-1 الأشعة تحت الحمراء
12	6-2-2-1 الأشعة فوق البنفسجية
12	7-2-2-1 الأمواج فوق الصوتية
13	3-2-1 المعالجات النهائية الكيميائية
14	4-2-1 المعالجات النهائية الحيوية
14	1-4-2-1 الأميلاز
15	2-4-2-1 بروتياز
15	3-4-2-1 البيروكسيدات
15	5-2-1 المعالجات النهائية النانوية

15	1-5-2-1 تقنية الترسيب بالكهرباء
16	2-5-2-1 تقنية الترسيب البخار
17	3-5-2-1 تقنية طبقة بواسطة طبقة LBL
19	الفصل الثاني: المبادئ الأساسية للمعالجة النهائية النانوية
19	1-2 تعريف المعالجات النهائية النانوية
19	2-2 تصنيف المعالجات النهائية النانوية
19	1-2-2 البنى النانوية
22	1-1-2-2 جسيمات النانو المعدنية
24	1-2-2-2 جسيمات أكسيد النانو المعدنية
25	2-2-2 طبقة النانو
26	3-2-2. الخشونة النانوية
27	3-2 أنواع المعالجات النهائية النانوية للمنسوجات
27	1-3-2 التنظيف باستخدام تقنية النانو
27	2-3-2 التبييض باستخدام تقنية النانو
28	3-3-2 تنشيط السطح باستخدام تقنية النانو
29	4-3-2 الطلاء النانوي
30	5-3-2 الربط العرضي باستخدام تقنية النانو
30	6-3-2 المعالجة النهائية باستخدام تقنية النانو للحصول على الأقمشة ذاتية التنظيف
31	7-3-2 المعالجة النهائية باستخدام تقنية النانو للحصول على أقمشة مضادة للبكتيريا
31	8-3-2 المعالجة النهائية باستخدام تقنية النانو للحصول على أقمشة مؤخرة للهب
31	9-3-2 المعالجة النهائية باستخدام تقنية النانو للحصول على قماش مقاوم للبلل
32	10-3-2 تقنيات الكبسولات النانوية للمعالجة النهائية للمنسوجات
32	11-3-2 المعالجة النهائية باستخدام تقنية النانو للحصول على أقمشة الحماية من التهديدات الكيميائية
35	الفصل الثالث: التطرية النانوية
35	1-3 تعريف و آلية التطرية
37	2-3 تصنيف عامل التطرية



42	3-3 الطين النانوي
43	4-3 السيليكون النانوي
45	الفصل الرابع: الأمواج فوق الصوتية
45	1-4 تعريف الأمواج فوق الصوتية
45	4- 2 المبدأ الأساسي وظاهرة تشكل الفقاعات
46	4-3 دراسة الموجة الصوتية
46	4-3-1 فيزياء الموجات الصوتية
47	4-3-2 انتشار الموجات فوق الصوتية في الأنسجة
49	4-4 العناصر الأساسية للنظام فوق الصوتية
50	4-5 تأثير الأمواج فوق الصوتية
50	4-5-1 التكيف
52	4-5-2 انتقال الكتلة في مواد النسيج والأمواج فوق الصوتية
52	4-7 تطبيقات الأمواج فوق الصوتية
52	4-7-1 تطبيقات الأمواج فوق الصوتية في المنسوجات
53	4-7-2 المعالجة الرطبة بمساعدة الأمواج فوق الصوتية
54	4-8 تأثير الأمواج فوق الصوتية على تشكيل الجزيئات النانوية
56	4-9 الكيمياء الصوتية
56	4-9-1 التجويف الصوتي
58	4-9-2 التفاعل الكيميائي الصوتي للمواد ذات البنية النانوية
61	4-9-3 الآثار الفيزيائية للأمواج فوق الصوتية على الجزيئات تحت تأثير الكيمياء الصوتية
61	4-10 أهمية الأمواج فوق الصوتية في كيمياء النانو
62	4-11 معالجة النسيج بالأمواج فوق الصوتية
64	4-12 مستقبل استخدام الأمواج فوق الصوتية لدعم تكنولوجيا النانو
65	الفصل الخامس: قواعد الصحة والسلامة والأمن البيئي من المعالجة النهائية بالنانو
65	5-1 مقدمة
65	5-2 الاهتمامات البيئية
66	5-3 المخاوف على الصحة البشرية

67	الفصل السادس:دراسة مرجعية
71	الفصل السابع:القسم العملي
71	7-1 المواد المستخدمة
71	7-2 إجراء التجارب
71	7-2-1 تحضير المستحلب النانوي من بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان السائل
72	7-2-2 تطبيق المعالجة بالغمر التقليدي
73	7-2-2-1 التحليل باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح
73	7-2-2-2 نتائج التحليل باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح
75	7-2-3 تطبيق المعالجة بالأموح فوق الصوتية
75	7-3 الاختبارات للعينات المعالجة PDMS النانوي بطريقة الغمر التقليدي وبطريقة الأمواج فوق الصوتية
75	7-3-1 اختبار الصلابة
76	7-3-2 اختبار مقاومة العينات المعالجة للتمزق
77	7-3-3 اختبار مقاومة العينات المعالجة للاحتكاك
77	7-3-4 اختبار مقاومة التجعد
78	7-3-5 اختبار الترطيب
78	7-4 النتائج والمناقشة
78	7-4-1 نتائج الاختبارات للعينات المعالجة ب PDMS النانوي بطريقة الغمر التقليدي
79	7-4-1-2 نتائج اختبار مقاومة العينات المعالجة للتمزق
80	7-4-1-3 نتائج اختبار مقاومة العينات المعالجة للاحتكاك
81	7-4-1-4 نتائج اختبار مقاومة التجعد
82	7-4-1-5 نتائج اختبار الترطيب
83	7-4-2 نتائج الاختبارات للعينات المعالجة ب PDMS النانوي بطريقة الأمواج فوق الصوتية
83	7-4-2-1 نتائج اختبار الصلابة
84	7-4-2-2 نتائج اختبار مقاومة العينات المعالجة للتمزق
84	7-4-2-3 نتائج اختبار قياس زاوية التجعد

85	4-2-4-7 نتائج اختبار مقاومة الاحتكاك
85	4-2-5 اختبار الترطيب
86	4-2-6 نتائج التحليل باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح
89	5-7 مقارنة بين طريقة المعالجة التقليدية و الأمواج فوق الصوتية من خلال نتائج الاختبارات
89	6-7 مقارنة بين طريقة المعالجة التقليدية و الأمواج فوق الصوتية من حيث أقطار الجسيمات النانوية لمستحلب PDMS النانوي
90	7-7 النتيجة النهائية
91	7-8 المقترحات والتوصيات
93	المراجع العلمية
102	الملخص العربي
103	الملخص الإنجليزي



## فهرس الأشكال

5	الشكل (1-1) التصنيفات المختلفة للمعالجات النهائية للمنسوجات
20	الشكل (1-2) تصنيف المعالجات النهائية النانوية
27	الشكل (2-2) التمثيل التخطيطي لخشونة السطح النانوي المتعدد الحج
36	الشكل (1-3) يبين اتجاهات المطريات الموجبة والأنيونية على سطح الألياف مع طاقة ذات شحنة سالبة محتملة على أساس نظرية التفاعل الأيوني
46	الشكل (1-4) انعكاس النبضات مع الزمن
47	الشكل (2-4) الاختلافات في السرعة و الممانعة
48	الشكل (3-4) انتشار الموجات فوق الصوتية في الأنسجة
49	الشكل (4-4) يوضح انكسار الموجات
49	الشكل (5-4) يوضح الانعكاس الكلي الداخلي
50	الشكل (6-4) تشكل الفقاعات بتأثير الأمواج فوق الصوتية
51	الشكل (7-4) ظاهرة التكيف والانهيال التكيف
57	الشكل (8-4) المجالات الكيميائية كدوال للوقت و الضغط و الطاقة
58	الشكل (9-4) الشكل التخطيطي للتجويف الصوتي العابر
59	الشكل (10-4) بنية كل من الحديد النانوي غير المصهور و الجزيئات النانوية الحديدية الغروية
60	الشكل (11-4) صور مجهرية دقيقة لأشرطة من معدن الذهب معدة بالتقنية الصوتية الكيميائية
61	الشكل (12-4) صورة لارتباط تشكل بسبب التصادم السريع بين جزيئتي زنك تحت تأثير الأمواج فوق الصوتية
71	الشكل (1-7) تحضير المستحلب النانوي بالخلاط الميكانيكي بسرعة 4000 rpm في مخبر كيمياء النسيج

72	الشكل (2-7) معالجة القماش القطني بالغمر التقليدي في مخبر كيمياء النسيج
73	الشكل (3-7) جهاز المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) في هيئة الطاقة الذرية
73	الشكل (4-7) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند تركيز 5g/L
74	الشكل (5-7) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند تركيز 20 g/L
74	الشكل (6-7) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند تركيز 25g /L
75	الشكل (7-7) معالجة القماش القطني بجهاز الأمواج فوق الصوتية
76	الشكل (8-7) طريقة اختبار الصلابة
76	الشكل (9-7) جهاز قياس مقاومة التمزق ASTM D1922 في مخبر الصباغة
77	الشكل (10-7) جهاز قياس مقاومة الاحتكاك ISO 12947-1 في مخبر النسيج
78	الشكل (11-7) جهاز قياس زاوية التجعد في مخبر النسيج
78	الشكل (12-7) مخطط تغير الصلابة بالعلاقة مع تغير تركيز (PDMS) النانوي
79	الشكل (13-7) مخطط تغير مقاومة التمزق بالعلاقة مع تغير تركيز (PDMS) النانوي
80	الشكل (14-7) مخطط تغير مقاومة الاحتكاك بالعلاقة مع تغير تركيز (PDMS) النانوي
81	الشكل (15-7) مخطط تغير زاوية التجعد بالعلاقة مع تغير تركيز (PDMS) النانوي
82	الشكل (16-7) مخطط تغير زمن الغرق بالعلاقة مع تغير تركيز (PDMS) النانوي
83	الشكل (17-7) مخطط تغير الصلابة بالعلاقة مع تغير زمن المعالجة (Min)
84	الشكل (18-7) مخطط تغير مقاومة التمزق بالعلاقة مع تغير زمن المعالجة (Min)

84	الشكل (7-19) مخطط تغير زاوية التجعد بالعلاقة مع تغير زمن المعالجة (Min)
85	الشكل (7-20) مخطط تغير مقاومة الاحتكاك بالعلاقة مع تغير زمن المعالجة (Min)
85	الشكل (7-21) مخطط تغير بالعلاقة مع تغير زمن المعالجة (Min)
86	الشكل (7-22) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند زمن (30) دقيقة
87	الشكل (7-23) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند زمن (60) دقيقة
87	الشكل (7-24) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند زمن (90) دقيقة
88	الشكل (7-25) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند زمن (120) دقيقة





## فهرس الجداول

21	الجدول (1-2) معالجة الأقمشة باستخدام تقنية النانو مع مختلف المواد النانوية مع الخصائص الوظيفية
40	الجدول (1-3) تصنيف مطريات النسيج الشائعة
82	الجدول (1-7) المتوسط الحسابي لأقطار الجسيمات النانوية والانحراف المعياري للعينات المعالجة ضمن مجال من التراكيز [5-45] gr/L
88	الجدول (2-7) المتوسط الحسابي لأقطار الجسيمات النانوية والانحراف المعياري للعينات المعالجة ضمن مجال من الأزمنة [30-60]min
89	الجدول (3-7) مقارنة بين طريقة المعالجة التقليدية و الأمواج فوق الصوتية من حيث نتائج الاختبارات
89	الجدول (6-7) مقارنة بين طريقة المعالجة التقليدية و الأمواج فوق الصوتية من حيث أقطار الجسيمات النانوية



## المصطلحات

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنكليزية
التطرية	Softening
السيلوكسان	Siloxane
المعالجة النهائية باستخدام تقنية النانو	Nanofinishing
تقنية الترسيب بالبخر	Vapor deposition method
تقنية طبقة بواسطة طبقة	Layer-by-layer method
تقنية الترسيب بالكهرباء	Electroless deposition method
تقنية الاستحلاب	Emulsification technology
بلمرة البلازما	Plasma polymerization
تقنية السول -جيل	Sol gel method
المعالجة النهائية الميكانيكية	Mechanical finishing
الصقل	Calendaring
الرفع	Raising
الدكتزة	Decatizing
الصنفرة	Sanforizinig
التلميع	Polishing
التدبيغ	Sueding
المعالجة النهائية الكيميائية	Chemical finishing

Physical finishing	المعالجة النهائية الفيزيائية
Plasma	البلازما
Laser	الليزر
Microwave	الميكرويف
Radiofrequency	الترددات الراديوية
Infrared	الأشعة تحت الحمراء
Ultraviolet	الأشعة فوق البنفسجية
Biofinishing	المعالجة النهائية الحيوية
Amylases	الأميلاز
Proteases	بروتياز
Peroxidases	البيروكسيدازات
Obstructive	الانسدادية
Hardness	الصلابة
Friction resistance	مقاومة الاحتكاك
Wrinkle resistance	مقاومة التجعد
Moisturizing	الترطيب
Tear resistance	مقاومة التمزق
Mechanical mixing	الخلط الميكانيكي

Traditional immersion method	طريقة الغمر التقليدي
Ultrasound method	طريقة الأمواج فوق الصوتية
cavitation	التكهف
Cleaning	التنظيف
Emulsification	الاستحلاب
Atomization	الارذاذ
Nanostructures	البنى النانوية
Metal nanoparticles	جسيمات النانو المعدنية
Metal oxide nanoparticle	جسيمات النانو للأكاسيد المعدنية
NanoLayer	طبقة نانوية
Nanoroughness	الخشونة النانوية
Nanoclay	الطين النانوي
Nanosoftening	التطرية باستخدام تقنية النانو
Nanosilicones	السيلكونات النانوية
Nanobleaching	التبييض باستخدام تقنية النانو
Nanosurface activation	تنشيط السطح بالنانو
Nanocoating	الطلاء النانوي

Nanocrosslinking

الربط العرضي باستخدام تقنية النانو

## **أهمية البحث والهدف منها**

### **إشكالية البحث:**

- وجود أقمشة مستخدمة في اللباس لا تتمتع بخواص التطرية المطلوبة.
- الحاجة لإيجاد مواد ووسائل لتحقيق مستوى التطرية الملائمة للملابس.

### **أهمية البحث:**

- استخدام تقنية النانو الحديثة للحصول على مستوى أفضل من التطرية بالمقارنة مع الطرق التقليدية .

### **هدف البحث:**

- دراسة تأثير المطريات السيليكونية النانوية على القماش القطني ومقارنتها بالمطريات السيليكونية غير النانوية من حيث الخصائص الميكانيكية.
- المقارنة بين طريقة المعالجة التقليدية والمعالجة بالأمواج فوق الصوتية واختيار الأفضل.





## المقدمة

يمكن تصنيف مطريات النسيج إلى أربع فئات :المطريات الأنيونية ،المطريات الكاتيونية ،المطريات غير أيونية والمطريات الفعالة كما يمكن تصنيفها تبعا لديمومة ارتباطها مع الألياف إلى :مطريات دائمة الارتباط ،مطريات ضعيفة الارتباط ومطريات فعالة .

عملياً لا تتمتع المطريات الأنيونية وغير أيونية بارتباط راسخ مع الألياف السيلولوزية وبالتالي أثر التطرية الذي تشكله لا يكون دائماً حيث أنها ليست ثابتة لعمليات الغسيل المتكرر إلا أنها تستخدم عند الرغبة بإعطاء طرواة وقابلية انزلاق مؤقتة كما في حالة تنشية خيوط السداء .بينما تمتلك المطريات الكاتيونية ألفة محددة تجاه الليف وتبعا لذلك يكون أثر التطرية المتشكل أكثر ثباتاً تجاه عمليات الغسيل منه في حالة المطريات الأنيونية وغير أيونية .باعتبار أن المطريات الفعالة تتفاعل كيميائياً مع مادة الليف فإن التطرية التي تشكلها هذه المطريات تكون ثابتة بشكل هائل تجاه عمليات الغسيل . المطريات الكاتيونية من حيث شحنتها الموجبة تجذب الألياف ذات الشحنة السالبة وينتج عن ذلك تطرية ممتازة ،بينما المطريات الغير أيونية تعتمد خاصية الجذب فيها على طبيعة سطح الألياف حيث تتجذب السلاسل المحبة للماء في هذا المطري إلى المنسوجات المحبة للماء حيث أن الانجذابية تختلف حسب طبيعة ألياف النسيج.بينما المطريات الأيونية التي تكون أقل جاذبية اتجاه النسيج تشكل نهايات مشحونة سلبياً تتنافر مع الألياف ذات الشحنة السالبة وبالتالي يسبب ذلك نعومة رديئة وقدرة امتصاص منخفضة وذلك بالمقارنة مع الكاتيونية والأنيونية والسيلكونية إن الاهتزاز بالأمواج فوق صوتية هو طريقة فعالة لتحسين كفاءة انجذاب المطريات غير أيونية إلى النسيج القطني .

يعتبر مطري ثنائي ميثيل السيلوكسان النانوي من المطريات التي تعطي النسيج القطني النعومة الدائمة حيث أن ارتباطها بالقماش القطني ارتباطاً فيزيائياً وكيميائياً وثباتية القماش القطني المعالج بثنائي ميثيل السيلوكسان النانوي اتجاه

عمليات الغسيل بسبب وجود الجسور الأوكسيجينية وذلك بالمقارنة مع المطريات الكاتيونية ويفسر التحسن في استعادة الشكل بعد التجعد بشكل رئيسي إلى تشكيل شبكة بوليميرية مرنة للسيلكون حيث تقيد هذه الشبكة الألياف محسنة بذلك قدرة القماش على استعادة حالته الطبيعية .

# الفصل الأول: المعالجات النهائية للمنسوجات



## الفصل الأول: المعالجات النهائية للمنسوجات

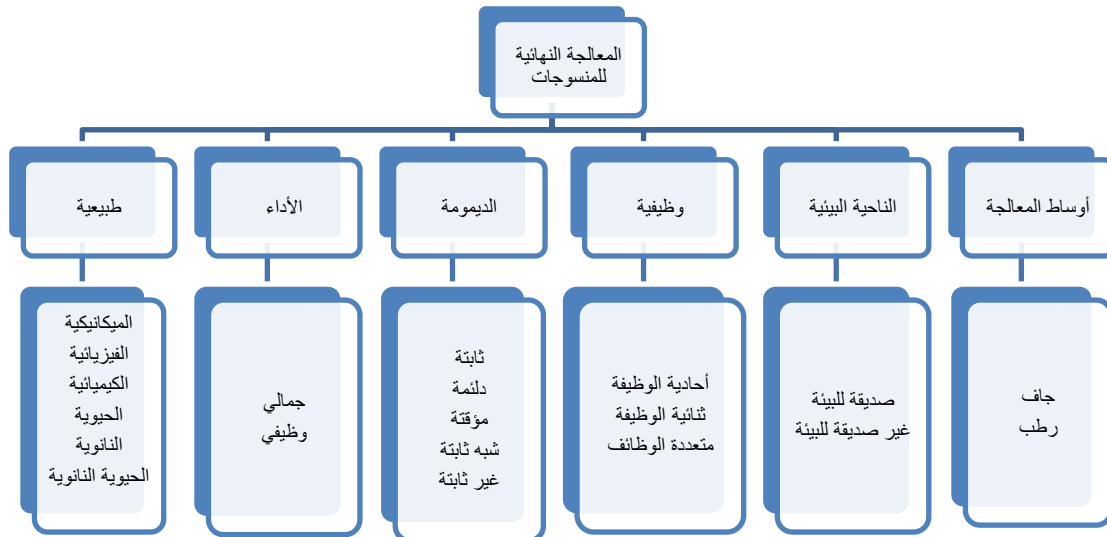
### 1.1 تعريف المعالجات النهائية للمنسوجات

المعالجات النهائية للمنسوجات هي الخطوة الأخيرة في إنتاج الأقمشة المنسوجة والتي يتم فيها تطوير القماش النهائي بإكسابه العديد من الخصائص الوظيفية التي تحسن من مظهره وأدائه بعد خروجه من آلة النسيج.

تهدف المعالجات النهائية للمنسوجات إلى تحويل المواد النسيجية إلى منسوجات تقنية تمتلك خصائص متعددة الوظائف تزود مرتديها بالراحة، الحماية عند استخدامها، الحصول على منتجات عالية الجودة ذات قيمة مضافة عالية، إرضاء عملية الطلب من قبل المستخدم و إكساب النسيج الجاذبية الأقوى من خلال تعديل مظهره وتغيير ملمسه. وبالتالي فإن التحدي الوحيد يكمن في اختيار المعالجة النهائية المناسبة بالاعتماد على نوعية الألياف، الاستخدام النهائي المطلوب ونوعية الحياكة.[1]

### 2.1 تصنيف المعالجات النهائية للمنسوجات

يمكن تصنيف المعالجات النهائية للمنسوجات بناءً على أسس مختلفة والتي تظهر الشكل 1-1



الشكل 1-1: التصنيفات المختلفة للمعالجات النهائية للمنسوجات [2]

حيث يستند التصنيف الأول على الوظيفة والأداء المطلوب من القماش النهائي إذ يشتمل الأداء المطلوب على الخاصية الوظيفية الجمالية والتي تتضمن تعديل المظهر والملمس و قابلية الثني والتي تتحقق من خلال المرسزة والقص والتطرية والتوبير والانسدالية ، بينما الوظائف المطلوبة من القماش تشتمل على مقاومة البكتريا ومقاومة التجعد ومقاومة الكهراء الساكنة ومقاومة البلل ومقاومة اللهب و مقاومة الاتساخ.

بينما يركز التصنيف الآخر على أوساط المعالجة التي تتضمن الأوساط الجافة والرطبة، حيث تشتمل الطرق الرطبة على المعالجة باستخدام المواد الكيميائية والتي تكون بتشكيل محلول أو مستحلب إما في الماء أو بالمذيبات العضوية، يعتبر استخدام المياه أفضل من المذيبات العضوية من حيث الكلفة المنخفضة وعدم السمية إلا أن المذيبات العضوية تعتبر أفضل من حيث انخفاض درجة الغليان والتبخر والتوتر السطحي بالمقارنة مع الماء بينما في الطرق الجافة يتم الاستعاضة عن غمر القماش في الماء أو المذيبات التي تحتوي المواد الكيميائية باستخدام الغاز أو البلازما، حيث تعتبر أفضل من الطرق الكيميائية من حيث الأسلوب الفعال وأنها صديقة للبيئة.

بعض المعالجات النهائية تكون مؤقتة والتي فيها يتم طلاء خيوط السداء حتى تصبح قادرة على مقاومة عملية النسيج وبعضها الآخر معالجات نهائية دائمة والتي تحافظ على فعاليتها عند تعرض النسيج للغسيل والتنظيف المتكرر .

يمكن أيضا تصنيف المعالجات النهائية بناءً على عدد الوظائف التي يتم منحها للنسيج النهائي إلى أحادية الوظيفة مثل المعالجة ضد التجعد ،ثنائية الوظيفة مثل جعل القماش ناعم ومضاد للاتساخ و معالجات متعددة الوظائف التي تم تحقيقها بشكل أساسي من خلال تقنية النانو كإكساب النسيج القطني النعومة ،مقاومة التجعد ، الحماية من الأشعة فوق بنفسجية، مثبت للهيب ومضاد للجراثيم وذلك بمعالجته بجسيمات ثنائي أكسيد التيتانيوم النانوية والمطري السيليكوني. [2]

وإن أهم التصنيفات للمعالجات النهائية جاءت بعد المخاوف العالمية من استخدام مواد معالجة تؤثر على البيئة التي تم استبدالها بمواد صديقة للبيئة مثل المواد القائمة على مجموعة N ميثلول والتي بدورها تساهم في الحصول على قماش

قطني مقاوم للتعدد و إضافة إلى ذلك تم تقديم مواد كيميائية صديقة للبيئة مع تطوير طرق المعالجة الفيزيائية لحل مشاكل التلوث البيئي بالارتباط مع الطرق الكيميائية ومن أهم هذه الطرق البلازما ، الليزر والأمواج فوق الصوتية .

يدخل ضمن التصنيف الأكثر شهرة للمعالجات النهائية والذي يعتمد على طبيعة الإنهاء كلا من المعالجات الميكانيكية ،الكيميائية ،الفيزيائية ،الحيوية والمعالجة النهائية النانوية.[2]

### 1-2-1 المعالجات النهائية الميكانيكية

تعتمد المعالجات النهائية الميكانيكية في تطبيقها على الاحتكاك ،الشد ، الضغط ،الحرارة لتحسين مظهر وأداء وملمس النسيج وذلك بمنحه النعومة وتغيير الأبعاد.[3]

- تصنف المعالجات النهائية الميكانيكية الأكثر شيوعاً على النحو الآتي:

#### 1-1-2-1 الصقل

هي واحدة من المعالجات النهائية الميكانيكية والتي يتم فيها توضع القماش بين بكرات دوارة ساخنة والتي تكون إما بكرات محفورة أو تكون ناعمة مع ضبط البارمترات التالية الزمن ،الحرارة والضغط حيث النتيجة تكون بالوصول إلى ملمس طري وتخفيض انزلاق الخيط والحصول على أفضل لمعان والتقليل من سماكة القماش وزيادة تغطية القماش وإعطاء ملمس حيري ناعم والتقليل من نفوذية الهواء.[4]

#### 1-2-1-2 التوبر

وهي المعالجة التي يتم فيها إزالة نهايات الألياف على سطح النسيج لإنتاج ملمس ناعم وطري والذي ينجز من خلال الأسلاك التي تغطي روليات دوارة فإذا كانت الروليات مغطاة بمادة كاوتشوك من أجل حك النسيج عندها ستؤدي إلى جعل الألياف القصيرة تغير من انعكاس الظل على سطح النسيج حيث يتم تعديل القيمة الجمالية للأقمشة عن طريق تشكيل وبرة على سطح القماش بحيث أن ارتفاع الوبرة المتشكلة على آلة التوبر أكبر بكثير من ارتفاع الوبرة على آلة التدبيغ ومن

شروط تطبيقها أن يكون القماش ذو بناء مناسب والخيوط التي يتم عليها التوبير مسؤولة عن المتانة لأن الخيوط التي تتعرض للتوبير تصبح ضعيفة بفعل عملية التوبير لذا يجب قبل القيام بعملية التوبير وضع مادة مطرية ومن أنواع آلات التوبير آلات ذات التأثير المضاعف، آلات التوبير أحادية التأثير. [4]

#### 3-1-2-1 حلاقة الوبرة

إن عملية الحلاقة للألياف المرتفعة على سطح القماش بحيث يصبح ارتفاعها متساو بحيث تتم عملية الحلاقة هذه لبعض الأقمشة المصنوعة من خيوط مغزولة بشكل قريب من سطح القماش كطريقة للتخلص من الشعيرات المرتفعة بحيث يتم إعطاء القماش سطحاً أملس ونظيف وتعتبر عملية الحلاقة عملية بديلة لعملية حلق الوبرة التي تأتي بعد عملية التوبير وفيها يتم التخلص من الأطوال العشوائية غير المنتظمة للألياف والحصول على وبرة متساوية الطول والتقليل من ارتفاع الألياف المتطرفة ومنع حدوث الحبيبة والحصول على ملمس محدد وتحسن اللون والمظهر ومن أهم استخدامات هذه المعالجة الحصول على أقمشة المناشف الوبرية. [4]

#### 4-1-2-1 الدكتزة

تتجز الدكتزة من خلال أسطوانة مثقبة مغمورة في الماء الساخن أو من خلال النفخ على القماش باستخدام بخار ساخن لتحقيق الثبات واللّمعان والنعمومة في الملمس للنسيج. [4]

#### 5-1-2-1 الامتلاء

هي المرحلة التي يتم فيها تطبيق الحرارة مع ضغط واحتكاك، وتستخدم عادة لتقليل من تقلص الصوف. [4]



### 1-2-1-6 الصنفرة

تتجز هذه المعالجة من خلال آلة الصنفرة والتي تتألف من براميل مملوءة ببخار الماء للتحكم في انكماش القماش، حيث أنه خلال هذه المعالجة يكون النسيج تحت تأثير القوى الميكانيكية التي تسبب استقرار أبعاده، وهي من إحدى الطرق لتقليل الانكماش المتبقي للأقمشة حيث يتم خلال هذه العملية تقريب الخيوط من بعضها البعض مما يجعل القماش أثخن وأثقل وبالتالي ينخفض الطول الصافي الناتج للقماش.

تتألف هذه العملية من ترطيب القماش بواسطة بخار لجعله أكثر مرونة ومن ثم يمر على آلة شد صغيرة من أجل إزالة التجعيد وجعل القماش مستويا بعد ذلك يمرر القماش على رأس الضغط ثم إلى وحدة التجفيف من أجل التثبيت للقماش ومن ثم يمرر القماش على روليات كبيرة ولتخفيض درجة انضغاطه لذلك من المفروض استخدام زيت تزليق لترتيب الخيوط في القماش خلال مروره عبر آلة الضغط.[4]

### 1-2-1-7 التلميع

تستخدم آلات التلميع بصورة رئيسية لمعالجة الأقمشة الوبرية التركيبية من أجل الحصول على وبرة مسطحة، أي تستلقي على سطح القماش أو الحصول على وبرة لامعة منتصبة ، تتألف الآلة من أسطوانة محززة مسخنة تتم قيادتها عن طريق محرك متغير السرعة ومن حصيرة تلبيد شريطية قابلة للتغير مهمتها تحريك القماش وجعل وجهه على تماس مع الأسطوانة المسخنة. تشق التحزرات الموجودة على السطح طريقها بين شعيرات القماش مما يساعد على رفعها وموازنتها مع بعضها البعض حيث تبدو الأقمشة الملمعة ذات لمعان أكبر لأن الشعيرات المتوازية تؤدي إلى عكس الضوء بطريقة منتظمة أكبر.[4]

### 1-2-1-8 الرفع

يستخدم مصطلح الرفع من أجل وصف عملية تشكيل سطح وبري للقماش وحيث يتم فيها سحب مقصود لجزء من الألياف خارج الخيط من أجل إعطاء القماش

مظهراً شعرياً أو وبرياً وقواماً سطحياً ناعماً وتعتبر كلا من عمليات التوبر، التدبيغ والقص من أهم التقنيات المستخدمة للحصول على سطح وبري.[4]

#### 1-2-1-9 التدبيغ

يشار إلى آلة التدبيغ باسم آلة الترميل لأنها تتألف من رولية واحدة أو أكثر تكون مغطاة بورق رملي يشكل مادة الاحتكاك تستخدم للحصول على سطح قماش شبيه بسطح الجلد المدبوغ، حيث يعتمد ملمس الأقمشة المعالجة على تركيب الشعيرات ونمرة الألياف، يمكن من خلال هذه العملية جعل ملمس الأقمشة المصنوعة من خيوط مستمرة شبيه بملمس الأقمشة المصنوعة من خيوط مغزولة ومن أنواع آلات التدبيغ (آلات التدبيغ متعددة الأسطوانات، آلات التدبيغ أحادية الأسطوانة).[4]

#### 1-2-2-2 المعالجات النهائية الفيزيائية

##### 1-2-2-1 البلازما

وهي طريقة فيزيائية تقتصر على تغيرات في سطح النسيج كما تعتبر صديقة للبيئة ويسبب حساسية النسيج للحرارة تجذب البلازما الباردة فقط باتجاه النسيج، ومن تطبيقات البلازما المتنوعة إضفاء خاصية صد الماء لمختلف أنواع المنسوجات مثل البوليستر والبولي بروبيلن والقطن.[5-6]

يتم ترسيب البوليمر على الألياف باستخدام البلمرة بالبلازما أو عن طريق تكوين الجذور للغاز الخامل في البلازما الذي بدوره يتفاعل مع مونوميرات البوليمر لتحقيق هذه الغاية.[7]

إن استخدام البلمرة لغاز فلور الكربون لتحقيق غاية صد الماء لأنواع متنوعة من الأقمشة ومن تطبيقات البلازما زيادة معدل الصباغة للمنسوجات من خلال نشر جزيئات الصباغ على الألياف والحفاظ على ثبات عملية الصباغة لألياف القطن وبولي أميد وبوليستر والقطن والحرير.[8]

### 1-2-2-2 الليزر

الليزر هو عبارة عن نمط مصغر من ضوء ضخم يتشكل من خلال انبعاث إشعاع وله أربع خصائص وهي الكثافة والانتظامية واللون الواحد في انبعاث الإشعاع وبذلك يختلف عن الضوء الطبيعي .

تم استخدامه في العديد من المجالات في صناعة النسيج ومنها قص القماش ،الكشف عن عيب في القماش ، تشكيل النقش على قماش الجينز والجلد ، في تعديل سطح النسيج للحصول على أفضل صباغة ولتقليل الحبة المتشكلة في القماش الممزوج قطن ابوليستر.[9]

### 1-2-2-3 الميكرويف (MW)

هو عبارة عن إشعاع يطبق على المواد النسيجية مسبباً تسخينها خلال فترة زمنية قصيرة جداً، لأول مرة تم إدخال (MW) إلى المعالجة النهائية للأقمشة القطنية في عمليات الصباغة مما يسبب زيادة امتصاصها من قبل المنسوجات التالية القطن والصوف والقطن /الصوف والحرير والبوليستر والبولي أميد بتعزيز امتزاز الصباغة على الألياف. [10]

### 1-2-2-4 الترددات الراديوية (Rf)

يستخدم Rf كعملية تجفيف عالية السرعة حيث يمتاز هذا التجفيف بانتظامه بسبب تأثيره على الجزء الأكبر من كثافة النسيج.[11]

### 1-2-2-5 الأشعة تحت الحمراء

إن التطبيق الرئيسي للأشعة تحت الحمراء في المعالجة النهائية للمنسوجات يكون من خلال عمليات المعالجة والتي يتم فيها تغليف القماش بمادة المعالجة ومن ثم إدخالها في نظام كهربائي من الأشعة تحت حمراء وأيضاً يمكن استخدامها لتسريع التجفيف. [12]

### 1-2-2-6 الأشعة فوق بنفسجية

إن التطبيق الرئيسي للأشعة فوق بنفسجية يكون على النحو الآتي:

1. طريقة العلاج والتي يتم فيها توليد جذور عن طريق تفاعل ضوء إشعاع UV مع ضوء مناسب مما يجعل المعالجة تتم خلال درجة حرارة منخفضة وتفاعلات المونميرات ممكنة.
2. تنشيط السطح من خلال تشكيل مجموعات الهيدروكسيل، الكربونيل والكربوكسيل التي تؤدي إلى تغير زاوية التماس وطاقة السطح ويتم تطبيق ذلك في معالجة القطن لتحقيق أعلى قابلية للصبغة.
3. معالجة لاحقة لإثارة المواد الممتصة للأشعة فوق بنفسجية مثل جزيئات  $TiO_2$  لتحقيق تفاعلات التحفيز الضوئي. [13]

### 1-2-2-7 الأمواج فوق الصوتية

تنشأ تأثيرات الأمواج فوق صوتية من الترددات الصوتية في الوسط السائل حيث تكون وفق المراحل التالية: تشكل ونمو وانهيار الفقاعات الناتجة عن تأثيرها الذي يكون بشكل أقل من الأمواج الميكروية، من أهم تأثيراتها أنها تساعد على انحلال المركبات العضوية وتسرع التفاعلات وتحسن نواتج التفاعل وتغير مسار التفاعل حيث يتم إدخالها كوسيلة للمعالجة الرطبة للنسيج بحيث تقلل زمن المعالجة واستهلاك الطاقة وتعزز جودة المنتج.

يمكن تصنيف استخدام الأمواج فوق صوتية في صناعة النسيج وفق التالي :

1. تنظيف قطع الغيار في آلات النسيج.
2. الإعداد المسبق للحمامات المعالجة كالتحضير السريع للنشا في درجات حرارة منخفضة وتشكيل مستحلبات متجانسة لفترة طويلة وتشتيت الصباغ بشكل جيد.
3. معالجة مياه الصرف الصحي الناتج عن عمليات معالجة النسيج عند استخدام مواد مؤكسدة
4. تخليق المواد النانوية وترسيبها على سطح الأقمشة المختلفة. [14]

### 1-2-3 المعالجات النهائية الكيميائية

وتتم بإضافة مواد كيميائية إلى النسيج من أجل الحصول على خصائص مرغوبة والتي يتم إنجازها من خلال عملية مستمرة أو من خلال المراحل التالية غمر - تجفيف - تعتيق ،يعد الطلاء والرش والرغوة من بين الطرق الأخرى للمعالجة النهائية الكيميائية حيث تستخدم المعالجة النهائية الكيميائية لأهميتها في إضفاء العديد من الخصائص للأقمشة مثل صد الماء ومقاومة العث وتأخير الالتهب ومقاومة التجعد إلا أنها تستخدم كميات كبيرة من الطاقة ،المواد الكيميائية والمياه وأيضاً بعض المعالجات النهائية الكيميائية قد تكون ضارة بالإنسان وذلك لأن وجود مواد كيميائية في المنسوجات المعالجة يسبب تهيج جلدي لبعض الأشخاص لذا هناك العديد من المحاولات لإدخال مواد معالجة دائمة الأثر وأكثر مراعاة للبيئة. وتم السعي إلى استخدام المواد الأكثر أماناً مع سمية ضئيلة أو معدومة من خلال استخدام مذيبيات ومواد مساعدة أكثر أماناً وتخفيض درجة الحرارة أثناء المعالجة وأن تكون المواد الكيميائية مستخلصة من الطبيعة وقابلة للتحلل الحيوي. [15]

تجتمع آلاف جزيئات السيللوز الضخمة عند معالجة النسيج القطني ضمن الليف السيللوزي بحيث تقترب مجموعات الهيدروكسيل في الجزيئات الضخمة المتجاورة من بعضها البعض في بعض المناطق بينما تكون بعيدة عن بعضها البعض في مناطق أخرى فعندما تكون الجزيئات قريبة من بعضها البعض تتشكل روابط هيدروجينية بين ذرة الأوكسجين في مجموعة الهيدروكسيل وذرة الهيدروجين في مجموعة هيدروكسيل أخرى حيث أن المنطقة التي يحدث فيها ارتباط الجزيئات الضخمة بواسطة الروابط الهيدروجينية تسمى المناطق البلورية التي تدعى بالمناطق الغير منتظمة أما المناطق التي لا يحدث فيها ارتباط للجزيئات الضخمة تسمى المناطق الغير بلورية وهي تدعى بالمناطق الغير منتظمة حيث أن المناطق المنتظمة للسيلليوز هي المسؤولة عن صفة المتانة أما المناطق الغير منتظمة مسؤولة عن الفعالية الكيميائية واكتساب الرطوبة وقابلية الصباغة والقدرة على الصمود أمام عمليات الغسيل في الظروف القلوية والقدرة على امتصاص العرق والراحة عند اللباس إلا أن احتفاظ الأقمشة القطنية بالتجعد عند حمولات خفيفة يقلل استخدامها كلباس لذا تم التوصل من خلال المعالجات الكيميائية إلى إكساب الأقمشة القطنية مقاومة التجعد. [16]

للمعالجات الكيميائية أنواع كالمعالجات للحصول على مقاومة التجعد ومقاومة اللهب ومقاومة البلل ومقاومة الاتساخ ومقاومة الأشعة فوق بنفسجية. [17]

#### 1-2-4 المعالجة النهائية الحيوية

تعتبر المعالجة النهائية الحيوية طريقة معالجة مناسبة في صناعة النسيج باعتبارها صديقة للبيئة حيث يتم تنفيذ هذه المعالجة باستخدام الأنزيمات ومن أهم معالجاتها التبييض الحيوي، التنظيف الحيوي، التلميع الحيوي حيث تستخدم البوليميرات الحيوية للوصول إلى أقمشة خالية من التجهيدات، مقاومة للبكتيريا، مطلقه للروائح العطرة مع تحقيق خاصية صد الماء ولكن هناك بعض العوائق الرئيسية من تنفيذها أهمها الاستقرار المنخفض للأنزيمات، الوقت الطويل للمعالجة والتكلفة العالية نسبياً إلا أنها تمتاز بسلامة العمل فيها وكذلك استخدام المنخفض للطاقة ومن أهم الصفات العامة للأنزيمات :

- صديقة للبيئة ونواتجها من السهل معالجتها وتنظيفها.
- تزيد من معدل التفاعلات الكيميائية من خلال خفض الطاقة المستهلكة بين المتفاعلات والنواتج.
- تعمل ضمن شروط معتدلة باعتبار أن المعالجة بالأنزيمات تحتفظ بالطاقة حيث تعمل عند درجة حرارة منخفضة و PH منخفض.
- عملها يكون بشكل انتقائي وهذا يعني في منسوجات محددة ويقتصر عملها بشكل رئيسي على السطح. [18]

ومن بعض الأنزيمات الهامة في المعالجة النهائية للنسيج تكون على النحو الآتي :

#### 1-2-4-1 الأميلاز

هي من الإنزيمات التي يكون التطبيق الرئيسي لها في معالجة النسيج هو إزالة النشاء حيث تعمل على تحليل جزيئات النشاء إلى أجزاء صغيرة وبعدها يتم التخلص منها بسهولة من خلال إذابتها بالماء الساخن وهناك ثلاثة أنواع من هذا الأنزيمات تختلف عن بعضها البعض في آلية تطبيقها التي تعتمد على درجة الحرارة و PH الوسط حيث أن الأميلاز العادي يمكن تطبيقه عند درجة حموضة (5.5-7.0) وعند درجة حرارة °C (25-55) بينما متوسط درجة الحرارة التي

تعمل فيها الأنزيمات  $50^{\circ}\text{C}$  كأعلى قيمة التي تكون عند معالجات التبطين أو الحشو أو العمليات التي تتطلب درجات حرارة عالية. [19]

#### 1-2-4-2 بروتياز

وهو من الأنزيمات التي يتم استخدامها في معالجة الصوف وإزالة الصمغ من الحرير وفي الأونة الأخيرة تم استخدامه في انتزاع الكيراتين من الصوف تمت المعالجة الحيوية بالبروتياز للصوف باستخدام جهاز الأمواج فوق صوتية لإنتاج الصوف النانوي وتكمن أهمية هذا الأنزيم في الحصول على أعلى مقاومة تقلص للصوف وزيادة في نعومته مع إمكانية الحصول على أفضل صباغة. [20-21]

#### 1-2-4-3 البيروكسيدات

وهي من أنزيمات الأكسدة التي لها القدرة على التحفيز لمجموعة واسعة من المنسوجات حيث أنه بعد المعالجة النهائية للمنسوجات بالتبييض باستخدام بيروكسيد الهيدروجين يتم إزالة بقايا  $\text{H}_2\text{O}_2$  عن طريق استخدام أنزيم البيروكسيدات. [22]

#### 1-2-5 المعالجة النهائية بالنانو:

عادة ما يتم إكساب القماش بعض الخصائص المحددة من خلال المعالجات النهائية الكيميائية ، أحرزت المعالجة النهائية بالنانو تقدماً كبيراً يتراوح بين معالجات صد الماء ،مقاومة التجعد ،مقاومة الاتساخ وتأخير اللهب وصولاً إلى أعلى تطبيق يتم فيه الحصول على أقمشة مقاومة للبكتريا وأقمشة تمتاز بالموصلية.

من طرق المعالجة النهائية النانوية السول جيل وتقنيات الترسيب المختلفة مثل الترسيب البخار والترسيب الكهربائي وطلاء طبقة عبر طبقة لذا تم التركيز على كل من هذه التقنيات جنباً إلى جنب مع مزاياها وقيود استخدامها. [23]

#### 1.5.2.1 تقنية الترسيب بالكهرباء

الترسيب الكهربائي أو الطلاء بالمعادن مثل الفضة والألمنيوم و النحاس والنيكل والحديد هو طلاء موحد للطبقة المعدنية على سطح الألياف من خلال تفاعلات

الأكسدة للأيونات المعدنية في المحلول المائي ومن ثم الترسيب اللاحق لأيونات المعادن على سطح النسيج دون استخدام الطاقة الكهربائية حيث يستفاد من الألياف المطلية بالكهرباء للحصول على أقمشة تمتاز بالموصلية من خلال تعديل سطح الألياف باستخدام الطرق الفيزيائية أو الكيميائية للوصول إلى توضع جيد لطبقة الطلاء على السطح.

يتم تطبيق تقنية الترسيب الكهربائي على نسيج البوليستر باستخدام طبقة السيليكا التي يتم تشكيلها باستخدام محلول الأسيتون وذلك لإنتاج نسيج البوليستر المطلي بالفضة الذي يمتاز بالموصلية الجيدة وهنا آلية الطلاء بالكهرباء تكون باستخدام الموجات فوق الصوتية كما يتم تنفيذ الطلاء بالكهرباء للفضة على نسيج البوليستر من خلال تنشيط مسبق لسطح النسيج لتحقيق طلاء دائم بالكهرباء.

اقترحت طريقة جديدة لتطبيق طبقة من الجسيمات النانوية الفضية على سطح البوليستر في طريقة طلاء مباشر وهي طريقة بسيطة وأقل تكلفة. [24]

#### 1-2-5-2 تقنية الترسيب البخار

تقنية ترسيب البخار هي عمليات الطلاء التي تطبق فيها مواد المعالجة من خلال التفاعل الكيميائي أو تحويل مادة المعالجة إلى أفلام رقيقة تطبق على الركائز النسيجية المختلفة وتصنيفها على أنها طرق (ترسيب مادية PVD وكيميائية CVD) في طريقة CVD يتم نقل ذرة تلو ذرة أو جزيء مع جزيء بحيث تنقل المادة من المرحلة الصلبة إلى مرحلة البخار [27] مما يؤدي إلى ترسيبها على سطح الركائز النسيجية بينما في طريقة PVD يتم ترسيب طبقة رقيقة من الطلاء على الركيزة النسيجية من خلال عملية التبخير وذلك باستخدام مادة صلبة كمصدر للبخار وبذلك يتم نقلها إلى سطح الركيزة وتشكيل طبقة طلاء موحد .

تتم عملية ترسيب أكسيد الزنك على أقمشة تتمتع بخواص متعددة ومنها مقاومة للجراثيم ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية والعديد من الخصائص الأخرى أهم ميزة لترسب هذه المواد نقطة الانصهار العالية حيث لا يمكن أن يتم إزالتها بسهولة من ركائز النسيج عند مستوى منخفض من درجة الحرارة. [25]



إن طلاء النحاس والفضة يحد من نفاذية الضوء فوق البنفسجي والمرئي للعينات كما يخفض بشكل كبير المقاومة الكهربائية السطحية للقماش الغير منسوج. تم إنتاج أسطح فائقة النعومة مع خصائص التنظيف الذاتي باستخدام طريقة CVD الحراري لطلاء بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان النانوي على السليلوز القطني الناتج عن البلمرة Si-OH عند درجة حرارة الغرفة والمجفف عند 150 درجة مئوية لمدة 10 دقائق. [28]

### 1-2-5-3 تقنية الطلاء بطريقة طبقة بواسطة طبقة LBL

هي طريقة أخرى لتصنيع فيلم من طبقة رقيقة على ركائز النسيج و بشكل عام تعتمد هذه الطريقة من الطلاء على إنشاء أفلام متعددة من الطبقات النانوية على سطح الركائز المختلفة للنسيج بواسطة تقنية LBL. على الرغم من صعوبة تشكيل أفلام موحدة متعددة الطبقات على ركائز النسيج بسبب بنية السطح الغير مستوية ثلاثية الأبعاد لذا التحكم في شروط الترسيب بما في ذلك التركيز و عدد الطبقات، القوة الأيونية ودرجة الحموضة مهمة للوصول إلى أفضل LBL على الألياف. وكانت الأمثلة الأولى لتقنية LBL على ركائز النسيج التي يتم فيها ترسيب المواد المختلفة بما في ذلك المحلول الكهربائي ذو وزن جزيئي مرتفع و الأصباغ الغير المباشرة على ألياف النسيج. يتم إنتاج الأقمشة المضادة للبكتيريا ذات الأهمية العالية للمنتجات الطبية والصحية كما تم دمج الجسيمات النانوية المختلفة في ركائز النسيج عبر تقنية LBL. [26]



## الفصل الثاني: المبادئ الأساسية للمعالجة النهائية النانوية



## الفصل الثاني:المبادئ الأساسية للمعالجة النهائية النانوية

### 2-1 تعريف المعالجات النهائية النانوية

هي المعالجات التي فتحت مسارات جديدة لتحسين المعالجات الأساسية وللمساعدة في تحقيق خصائص وظيفية جديدة لا يمكن تحقيقها في المعالجات التقليدية وبذلك تم نقل العديد من الخصائص الجديدة والمميزة للحصول على قماش متعدد الوظائف بما في ذلك مضاد للبكتريا ومقاومة للاتساخ ومقاومة للأشعة فوق بنفسجية والموصلية والمغناطيسية للأقمشة إضافة لذلك تم الوصول إلى المعالجات العالية الأداء من خلال المعالجة النهائية باستخدام النانو والتي فيها تم تزويد المنسوجات التقنية استخدامات مختلفة مثل في البناء، الزراعة، إكساء الطرق والأرضيات، حماية الأشخاص والممتلكات، الأقمشة الرياضية والمنسوجات المعطرة.[27]

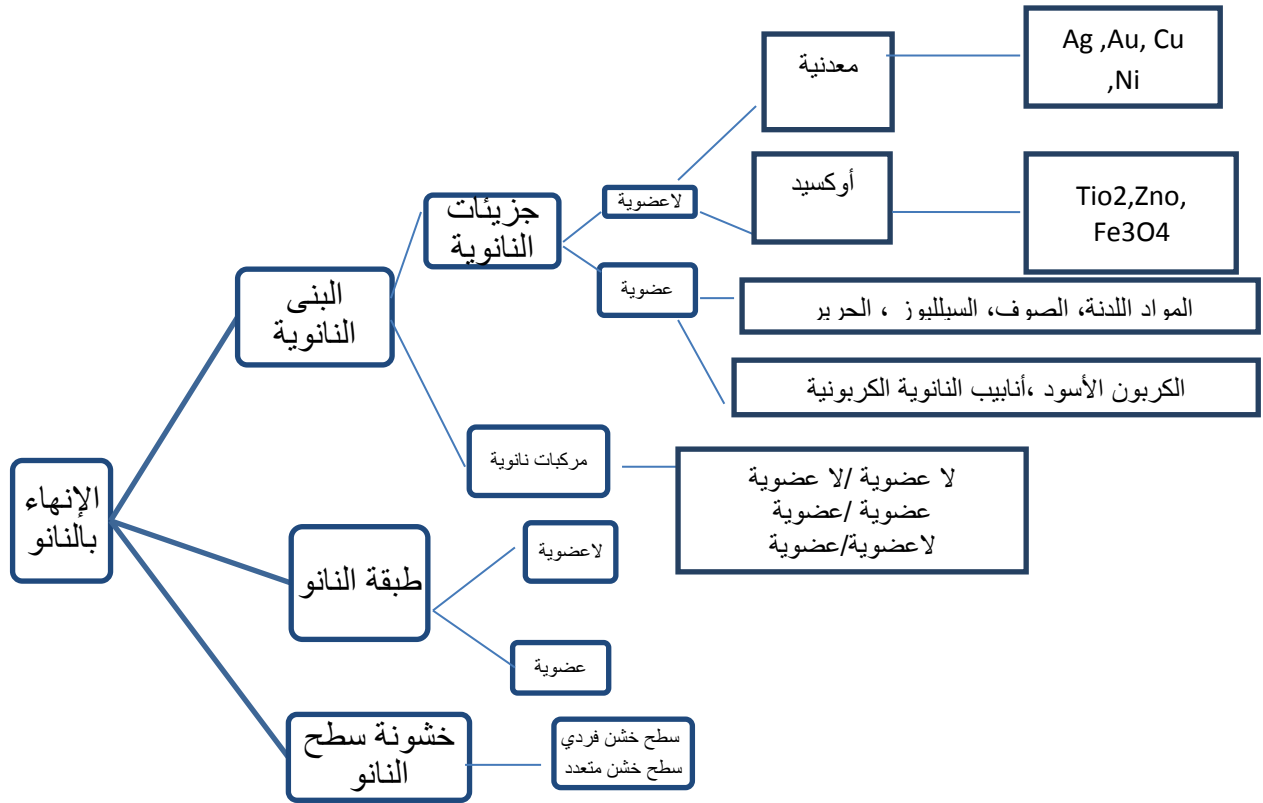
### 2-2 تصنيف المعالجات النهائية النانوية

تصنف المعالجة النهائية النانوية للمواد النسيجية إلى ثلاث فئات رئيسية البنى النانوية والطبقة النانوية والخشونة النانوية والتي تختصر في الشكل (1-2)

#### 2-2-1 البنى النانوية

تتشكل الجسيمات النانوية اعتماداً على العديد من العوامل مثل درجة الحموضة ودرجة الحرارة والمواد المساعدة وطرق التصنيع في مجموعة من الأشكال القضبان النانوية، الإبر النانوية، الأسلاك النانوية، الصحون النانوية، المدارات النانوية، المكعبات النانوية، الأهرامات النانوية، الموشورات النانوية والنجوم النانوية والعديد من الأشكال الأخرى لكن مع الاختلاف في الخصائص الفيزيائية والكيميائية حيث تتمتع الجسيمات النانوية بارتفاع النسبة بين السطح إلى الحجم والتي تعطي المنسوجات العديد من الميزات الفريدة والمختلفة وبشكل عام هناك طريقتان رئيسيتان لإنتاج الجسيمات النانوية حيث أنه في طريقة الإنتاج من الأعلى إلى الأسفل يتم تحويل النموذج الذي يكون بأكبر مقياس إلى مقياس نانوي، أما بالنسبة لطريقة الإنتاج من الأسفل إلى الأعلى تبدأ من الذرات أو الجزيئات التي تشكل البنى النانوية حيث يمكن تطبيق المواد النانوية وحدها أو بالاشتراك مع مركبات

أخرى للحصول على منسوجات بخصائص متعددة وذلك بتتداخل الجسيمات النانوية غير العضوية (والتي تتكون من مركب بسيط أو بوليميري) مع الجسيمات العضوية التي تتراوح أقطارها بين 10 نانومتر إلى 1 ميكرون مكونة السيلليوز النانوي ، الصوف النانوي، الحرير النانوي [28].



الشكل 1-2 يبين تصنيف المعالجات النهائية النانوية [28]

يتم تصنيف المواد النانوية المستخدمة في صناعة النسيج النانوي في الجدول 1-2 مع الخصائص الوظيفية ذات الصلة لكل نوع منها.

الجدول 1-2 معالجة الأقمشة باستخدام تقنية النانو مع مختلف المواد النانوية ذات الخصائص الوظيفية [29]

الخصائص	المركب	المواد النانوية
حفاظ ضوئي ، مضاد للجراثيم ، للحماية من الأشعة فوق بنفسجية، مثبت للهب ، له خصائص عكسية محب للماء/ كاره للماء ويستخدم بالتبييض والتنظيف الضوئي للصوف وللقطن	TiO <sub>2</sub>	جسيمات أكسيد المعدن النانوية
خصائص مشابهة TiO <sub>2</sub> النانوي	ZnO	
مضادة للبكتيريا	CuO/Cu <sub>2</sub> O	
حفاظات ضوئية، مضادة للبكتيريا	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
مضاد للبكتيريا، مرسخ لمادة المعالجة على الصوف	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
حفاظ ضوئي، مضاد للجراثيم	ZrO <sub>2</sub>	

الخصائص	المركب	المواد النانوية
مضادة للجراثيم وتمتاز بالموصلية	Ag, Au, Cu	جسيمات المعدن النانوية
تستخدم كعامل حفاز	Ni	
مقاومة للاحتكاك ، مقاومة للمواد الكيميائية وتمتاز بالتوصيل الكهربائي		جسيمات الكربون الأسود النانوية
مقاومة للاحتكاك ، المقاومة الكيميائية ، التوصيل الكهربائي ، الموصلية والمغنطة		مركب (حديد) يحتوي معدن مندمج مع أول أوكسيد
لموصلية الكهربائية والحرارية		الأنابيب النانوية الكربونية
المقاومة الكهربائية		الغرافين
مضادة للبكتريا ، مقاومة للمواد الكيميائية		المعادن العضوية

## 2-2-1-1 جسيمات النانو المعدنية

**الفضة (Ag)** الجسيمات النانوية الفضية لها الأفضلية في التطبيق وذلك لأنشطتها المضادة للبكتريا ولمجموعة واسعة من الأمراض التي تسببها الكائنات الحية الدقيقة حيث يمكن تشكيلها من خلال مجموعة من الطرق التي تتراوح بين تفاعلات الاختزال [33] للمواد الكيميائية البسيطة إلى مواد كيميائية ضوئية و كيميائية حيوية وفيها يكون التأثير الفعال للجسيمات النانوية الفضية في قتل الكائنات الدقيقة من خلال أيونات المعادن الفضية بحيث حجم الجسيمات الصغيرة ومساحة السطح



العالية تسمح بالتفاعل مع الأغشية الجرثومية مع العلم أن الجسيمات النانوية الفضية مهيئة للتفاعل الكهربائي مع جدار الخلية البكتيرية ذات الشحنة السالبة مخربة بذلك الدهون والبروتينات والحمض النووي لها وهذا يعتبر الميكانيزم الأساسي في عمل الجسيمات النانوية [34] وبذلك تم باستخدام الفضة النانوية كبوررات كلوريد الفضة النانوية إضفاء خاصية المقاومة للجراثيم في ركائز النسيج. إضافة لذلك يمكن من خلال المركبات النانوية التي تتألف من الفضة مع مركب آخر عضوي أو غير عضوي تحقيق مجموعة من الخصائص الوظيفية إضافة للخاصية المضادة للبكتريا . [30-31]

**الذهب (Au)** يتم استخدامها في الفحوصات الدقيقة للغاية ،تحسين العلاج الشعاعي وفي العمليات الجراحية .حيث يتم تحضير جسيمات الذهب النانوية بشكل أساسي عبر تفاعلات الاختزال الكيميائية باستخدام أملاح الذهب مثل (رباعي كلوريد هيدروجين والستيرات كعامل مثبت ) .

يسبب تفاعل الضوء عند طول موجة محددة التذبذب الجماعي للإلكترونات على سطح جسيمات الذهب النانوية بحيث يكون الحد الأقصى للامتصاص عند طول موجة من مجال حجم الذهب النانوي هو 520 نانومتر وفي الأونة الأخيرة أثبت أن المجموعات الوظيفية على سطح الذهب توفر أفضل مقاومة للجراثيم وكذلك ضد كل أنواع معينة من البكتريا وكذلك مقاومة ضد السيلمونيا التيفية.[32]

إلا أن التطبيق الرئيسي لجسيمات الذهب النانوي ، ناقل للمضادات الحيوية مثل الجنتاميسين . [33]

### **Cu(النحاس)**

تتمتع الجسيمات النانوية النحاسية ببعض الخصائص مثل نقل الحرارة وانخفاض تكلفة التحضير و كفاءتها العالية في مقاومة البكتيريا ، تنتج عن طريق تفاعلات الاختزال الكيميائية و تكون عرضة للأكسدة فور تعرضها للهواء ولحل هذه المشكلة تم استخدام الوسائط الآتية مثل الأرجون أو النتروجين.

ومن التقنيات المتقدمة لتخليق الجسيمات النانوية النحاسية الطرق (الكهروكيميائية و الميكرويف وترسيب البخار بالبخار والطحن الكيميائي وغيرها). [34]

## 2-2-2-1 جسيمات أكسيد النانو المعدنية:

يتم من خلال استخدام جسيمات أكاسيد النانو المعدنية تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية للأكسدة أو إزالة الملوثات من الهواء و الماء وقتل البكتيريا وتحويل ثاني أكسيد الكربون إلى هيدروكربونات مثل الميثان والإيثيلين والإيثان. [35]

### ثاني أكسيد التيتانيوم ( $TiO_2$ )

يملك  $TiO_2$  القدرة على التحفيز الضوئي لمعالجة المياه والهواء وجعل الأسطح المعالجة به محبة للماء، وكذلك إكساب القماش القدرة على التنظيف الذاتي .

حيث أظهرت جسيمات أكسيد التيتانيوم النانوية إمكانيات كبيرة في التحفيز الضوئي إضافة إلى أنها مثالية للتفاعلات المختلفة وذلك يعود إلى استقرارها الكيميائي وعدم السمية في التفاعلات والفعالية العالية والعلاج البيئي هو من بعض تطبيقات التحفيز الضوئي من  $TiO_2$ . تركز الاهتمام بالتحفيز الضوئي على استخدام جسيمات أكسيد التيتانيوم النانوية لإزالة نسب مئوية من تراكيز المواد العضوية وغير العضوية من الأنظمة المائية أو الغازية وبذلك استخدمت جسيمات أكسيد التيتانيوم النانوية في التنظيف البيئي ومعالجة مياه الشرب والمياه الصناعية والتطبيقات الصحية. [36]

### أكسيد الزنك ( $ZnO$ )

هو عبارة عن محفز ضوئي تم تعزيز تحفيزه باستخدام المعادن النادرة كالفضة فمن مجالات تطبيقه امتصاص الأشعة فوق البنفسجية وكذلك في الطلاء المضاد للانعكاسات والتنظيف الذاتي ومعالجة المياه المستعملة، إلا أن أحد العوائق التي تحول دون نشاط التحفيز الضوئي ل  $ZnO$  هو الثباتية الكيميائية الضعيفة. [37]

حيث أن الطلاء بجسيمات أكسيد الزنك النانوية مع أكسيد التيتانيوم حسن من الثباتية الكيميائية للطلاء، كما أن الطلاء بأوكسيد الزنك النانوي بوجود عوامل مساعدة مثل ثنائي أكسيد التيتانيوم النانوي حسن ثباتية  $ZnO$  المطبق في المعالجة النهائية للمنسوجات يتم ترسيبها على المواد النسيجية باستخدام طرق المعالجة التقليدية مثل الرش والغمر والطلاء والرغوة بحيث تكون نسبة تشتيتها

مستقرة ليتم تطبيقها على النسيج لذا هناك عدة طرق ميكانيكية، فيزيائية، كيميائية أو مزيج من هذه الطرق لإنتاج تشتت منتظم للجسيمات ولمنع تكتلها باستخدام أجهزة التحريك الميكانيكية كأجهزة التجانس وأجهزة التحريك المغناطيسي والإشعاع بالأشعة فوق صوتية، كما يوجد أساليب أخرى تتطوي على التشكيل والترسيب في وقت واحد على الأقمشة لهذه الجسيمات، تعتبر هذه الأساليب أحادية الخطوة وأيضاً توجد طرق لتطبيق الجسيمات النانوية من خلال إجراء متعدد الخطوات بحيث يتم تطبيقها ضمن مسارات اصطناعية لمنع تكتلها وتجميعها كما يتم ترسيب الجسيمات النانوية على السطح في خطوة منفصلة، على سبيل المثال بشكل أساسي من خلال المعالجة التقليدية غمر/تجفيف / تعتيق إلا أنها من الطرق التي تسبب استهلاك أكبر للطاقة وللوقت وبالتالي طريقة تنفيذ الجسيمات النانوية وترسيبها على السطح في وقت واحد أفضل من حيث السرعة وسهولة الاستخدام وفعالة من حيث التكلفة.[38]

وبالتالي فإن نقاط القوة الرئيسية للمعالجة النهائية بالنانو بالمقارنة مع الطرق التقليدية هي تقليل الوقت والطاقة والاستهلاك الأقل للمواد الكيميائية والخواص الميكانيكية الأفضل وأقل سمية.[39]

## 2-2-2 طبقة النانو

يعتمد هذا النوع من المعالجة النهائية باستخدام النانو على تشكيل طبقة أو عدة طبقات على سطح الركيزة النسيجية بسماكة ضمن مجال النانو ومنه تدعى هذه المعالجة بالطلاء النانوي .

ومن أبرز التحديات التي ينطوي عليها الطلاء التقليدي فقدان القوة، التصاق غير جيد، مقاومة التآكل الضعيفة و أقل متانة بالمقارنة مع الطلاء النانوي والذي فيه يتم تقليل نسبة الطلاء /الوزن إلى الحد الأدنى وبذلك يغطي الطلاء النانوي المادة النسيجية بطبقة أقل سماكة ضمن المجال النانوي. يوفر الطلاء النانوي مقاومة تآكل كبيرة ويمتاز بالقوة و المتانة مع القدرة على نقل أي خاصية وظيفية تغير في الخصائص الأساسية للركيزة النسيجية ويتم تطبيق الطلاء النانوي على المواد النسيجية باستخدام عدة طرق بما في ذلك ترسب البخار، البلازما ، الترسيب

بالليزر، الطحن الميكانيكي، ترسيب طبقة تلو طبقة، طلاء سول-جل، والترسب الكهروكيميائي. [40]

## 2-2-3 خشونة النانوية

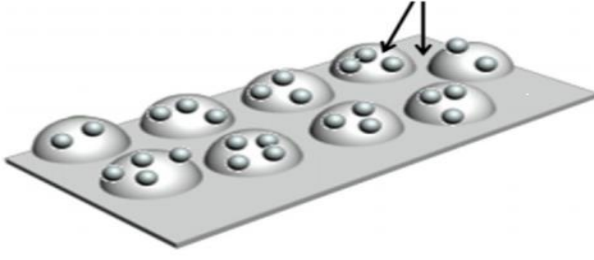
وهي نوع آخر من المعالجة النهائية النانوية تسبب خشونة في السطح المعالج، والذي هو في (مجال نانوي) ويشمل ذلك التوزيع العشوائي للجسيمات النانوية على السطح، وتقنيات تعديل السطح المادي التي تنتج خشونة السطح النانوي.

تعتبر خشونة السطح المادي عامل مهم يؤثر على التصاق وقابلية رطوبة السطح. على سبيل المثال أظهرت معالجة أقمشة البوليمستر المكونة من خيوط مغزولة بواسطة بلازما الضغط باستخدام مجهر القوة الذرية (AFM) زيادة في خشونة السطح بعد التعرض للبلازما وهذه المعالجة تتم ضمن طريقة خطوة واحدة التي فيها انخفاض في الوقت والطاقة مما يجعلها فعالة من حيث التكلفة وذات سمية منخفضة. الجسيمات النانوية صغيرة الحجم لها تأثير إيجابي على تعزيز قوة الشد لوقت طويل عند درجات الحرارة المنخفضة وكذلك عند درجة الحموضة المنخفضة جداً أو العالية. [41]

تؤثر الخشونة بشدة على سلوك ترطيب السطوح التي تعتمد على السطح المحب للماء وعلى السطح الكاره للماء فعموماً اثنان من نظريات زاوية الاتصال والتي فيها قطرة من الماء تملأ تجاوب السطح الخشن والنظرية الأخرى طريقة كاسي باكستر والتي تصف بقاء قطرة الماء على قمة النتوءات وليس ملء الفجوات وبالتالي للحصول على أسطح شديدة الكره للماء يلزم وجود مزيج من الطاقة السطحية المنخفضة وخشونة السطح. [42]

عند تطبيق جسيمات الفضة النانوية على أقمشة الصوف والاستناد إلى خصائص الأقمشة الصوفية لوحظ زيادة في خشونة السطح لعينات الصوف بعد المعالجة [43].

## خشونة السطح النانوي المتعدد الحجم



الشكل (2-2): التمثيل التخطيطي لخشونة السطح النانوي المتعدد الحجم. [43]

### 2-3 أنواع المعالجات النهائية النانوية للمنسوجات

#### 2-3-1 التنظيف باستخدام تقنية النانو

يرتبط الإنهاء المرضي بشكل مباشر بالمعالجة المناسبة للنسيج وخاصة إذا كانت عملية المعالجة الحيوية باستخدام التنظيف النانوي والذي يعرف أيضاً بالتطهير الذي يساعد على إزالة الشوائب الطبيعية مثل الزيت والشمع والصمغ والدهن والمواد المضافة لإنتاج مواد نسيجية محبة للماء ونظيفة ومن خلاله تم استخدام القليل من المواد الكيميائية وكذلك توفير الطاقة والوقت إضافة إلى الوصول إلى كفاءة عالية في التنظيف حيث أن النشاط التحفيزي لجزيئات  $TiO_2$  النانوية للمواد العضوية تم استخدامه لإدخال التنظيف الضوئي النانوي على القماش القطني كما يمكن تحقيق تأثير التنظيف الضوئي النانوي باستخدام محفزات نانوية ضوئية أخرى لها القدرة على الإثارة تحت تأثير الضوء المرئي. [44]

#### 2-3-2 التبييض باستخدام تقنية النانو

بالرغم من أن التنظيف فعال في إزالة الشوائب من الألياف الطبيعية إلا أنه لا تزال المواد الملونة للألياف كاللون الأصفر واللون البني متواجدة لذا لابد من خطوة تحضيرية أخرى تسمى التبييض للتخلص من المواد الملونة وإنتاج البياض مع الحد الأدنى من التأثير على قوة الألياف حيث يمكن أن يكون التبييض في خطوة منفصلة أو مدمجة مع مراحل أخرى لتحقيق كلفة أقل وتكمن أهمية عملية التبييض

في جعل القماش القطني أكثر بياضاً وتهيئته لمرحلة الصباغة التي تعتمد على التبييض المرغوب.

إن التبييض النانوي يمكن أن يعادل طرق التبييض التقليدية إذا أنه قادر على إضفاء خصائص متعددة الوظائف على الأقمشة وتقليل التأثير الضار من عملية التبييض التقليدية على الخصائص الميكانيكية للألياف وذلك يكون من خلال المعالجة باستخدام المحفزات النانوية التي تجعل التبييض أقل تأثير على البيئة ودون أن تؤثر على خصائص الشد للأقمشة القطنية إضافة لذلك يستفاد من إمكانية التبييض النانوي في التدهور التحفيزي للأصباغ تحت تأثير إشعاع ضعيف. [45]

### 2-3-3 تنشيط السطح باستخدام تقنية النانو

إن الخصائص السطحية لركائز النسيج هي عوامل مهمة للتحكم في أداء المواد المطبقة في المعالجة ومن أهم هذه الخصائص البلل، الامتزاز، الالتصاق والاحتكاك وبالتالي معالجة السطح تجعل من التعديل الوظيفي للركيزة النسيجية ممكن من أجل تلبية متطلبات محددة لمجموعة متنوعة من التطبيقات وبالتالي يمكن تعريف تنشيط السطح هو التغير في كيمياء السطح بإدخال مجموعات كيميائية أو بإنشاء تغيرات فيزيائية في السطح من خلال إحداث نقش، خشونة و أشكال متموجة ومن خلال هذه القواعد تم تجميع طرق التنشيط السطحي.

يتم تنفيذ التنشيط السطحي باستخدام الطرق الكيميائية بإضافة أنواع معينة من المواد الكيميائية وأيضاً تم تطوير الطرق الغير كيميائية كالبلازما، التبخير والإشعاع لاستخدامها في التنشيط كما أنه بغض النظر عن الطرق السابقة الذكر المستخدمة تم استخدام تنشيط السطح بإدخال مجموعات وظيفية قطبية تغير في قابلية السطح للبلل وقابلية الصباغة.

لا يقتصر تنشيط السطح على الألياف الصناعية كالبوليستر إنما يمكن تطبيقه على الألياف الطبيعية بما في ذلك القطن باستخدام مجموعات وظيفية هيدروكسيلية. ينتج عن ذلك تعزيز خصائص الامتزاز وتحسين عملية الصباغة حيث يوفر تنشيط السطح بالنانو متغيرات مورفولوجية وكيميائية على سطح الألياف

باستخدام كلاً من الطرق الفيزيائية والكيميائية لتنشيط السطح حيث ينشأ التنشيط السطحي أما بشكل مباشر من جسيمات نانوية أو مركبات نانوية تتوضع على سطح الألياف أو بتغير مادي لسطح الألياف ضمن مقاييس نانوية . [46]

### 2-3-4 الطلاء النانوي

تم تعريف الطلاء على أنه تشكيل طبقة من مادة كيميائية على أحد أو كلا جانبي الركيعة النسيجية وعادة ما تكون الركيعة منسوجة أو غير منسوجة مركبة من مكونين على الأقل .

تعتمد خصائص النسيج المطلي النهائية على كلاً من النسيج والطلاء حيث تشتمل مواد الطلاء التقليدية على البوليمرات الطبيعية أو الاصطناعية، ومن طرق الحصول على الطلاء أما بالتسخين أو عن طريق البلمرة حيث يعتمد سمك الطلاء على وزن المادة الكيميائية وصيغتها وعدد الطبقات المطلوب تطبيقها وأيضاً على الاستخدام النهائي للنسيج المطلي في بعض الحالات قد يكون الطلاء محصور بين طبقتين من القماش حيث يتم تطبيق مزيج من بوليمرات مختلفة في الطلاء للحصول على قماش بخصائص مختلفة ومن الطلاءات البوليمرية الأكثر قابلية للتطبيق على النسيج المطاط الطبيعي (البولي إيزوبرين) ومطاط الستايرين بوتادين و بولي فينيل كلوريد (PVC) وبولي إيثيلين كلوريد والبولي يوريثان ومطاط السيليكون (بولي سيلوكسان). [47]

حيث أن الاستقرار الحراري والميكانيكي والكيميائي، زيادة مقاومة التآكل وانخفاض الاحتكاك هي بعض من الخصائص التي يمكن أن تتحقق عن طريق الطلاء ومن أهم استخدامات الأقمشة المطلية في التطبيقات الصناعية مثل الهندسة المعمارية والبناء وأنظمة النقل والسلامة والحماية .

ومن الطرق المستخدمة لتطبيق الطلاء النانوي الترسيب الكهربائي وترسيب طبقة تلو طبقة (LBL) وترسيب البخار الكيميائي (CVD) والسول جيل والتي من خلالها تتشكل طبقات نانوية من المعادن أو أكاسيد المعادن على أسطح النسيج . [47]

### 2-3-5 الربط العرضي باستخدام تقنية النانو

بشكل عام التشابك هو ارتباط تساهمي أو أيوني يربط سلسلة بوليميرية إلى سلسلة أخرى وبالتالي يبنى جسراً أفقياً فيما بينهما وفيما يتعلق بالركائز النسيجية فإن الربط العرضي يرتبط بشكل عام باستقرار السيللوز مع مركبات معينة لتحسين خاصية استعادة الثنية إضافة إلى ثبات الصباغ المباشر و الفعال لأشعة الشمس ومن أهم عوامل الربط العرضي للسيللوز ثنائي ميثول دي هيدروكسي إيثلين اليوريا وهذه المادة فعالة للحصول على الملابس التي تتمتع بالمتانة.

إن الربط العرضي يشمل أشكال أخرى من المنسوجات كالحريز ،الصوف والألياف الصناعية بحيث يعتبر الربط العرضي بالنانو مفيد للحصول على منسوجات متعددة الوظائف بإجراء أقل تعقيد وكما يوفر أيضاً إمكانية تشابك سلاسل البوليمير في النسيج عبر بنى نانوية تعمل كروابط تشابك دائمة . [48]

### 2-3-6 المعالجة النهائية باستخدام تقنية النانو للحصول على الأقمشة ذاتية التنظيف

جاءت فكرة الحصول على ملابس ذاتية التنظيف من أوراق نبات اللوتس مما هذه المعالجة فعرفت هذه المعالجة بتأثير عبق اللوتس حيث أن الفكرة من تأثير اللوتس ناشئة من الفحص المجهرى الذي يبين قدرة هذه الأوراق على حبس كمية كبيرة من الهواء والتوتر السطحي المنخفض للبلورات الشمعية التي تغطي سطح الورقة حيث تبين أن سطح الأوراق له بنية نانوية بقطر 124nm تسبب زاويا تماس أكبر من 160° تجعل قطرات الماء من المطر تتدحرج على السطح مما يحقق خاصية التنظيف الذاتي وبالتالي نتج عن فكرة الانزلاق المنخفض تأثير التنظيف الذاتي بحيث يتم تعديل السطح إما من خلال تفاعلات كيميائية رطبة أو من خلال السول جيل أو بترسيب طبقة تلو طبقة أو باستخدام البلازما حيث تم استخدام ثاني أكسيد التيتانيوم وأكسيد الزنك على شكل طبقات نانوية على الركيزة النسيجية وبذلك يتم تجميع ثلاث خصائص وظيفية للركيزة النسيجية وهي مضادة للبكتريا ،ومقاومة للأشعة فوق بنفسجية وذاتية التنظيف .[49]



## 2-3-7 المعالجة النهائية باستخدام تقنية النانو للحصول على أقمشة مضادة للبكتريا

إن التقليل أو القضاء على نمو الميكروبات على المنسوجات هو أمر في غاية الأهمية بسبب حساسية المنسوجات للكائنات الحية الدقيقة حيث أن ألياف النسيج الطبيعية المحبة للماء هي أكثر عرضة لنمو الكائنات الحية الدقيقة وبالتالي فإن مطلب الحصول على منسوجات مضادة للبكتريا ضروري لاستخدامها في الملابس الرياضية وتغليف المواد الغذائية والمفروشات وفلاتر الهواء وأنظمة تنقية المياه وغيرها إضافة لذلك تعمل هذه المعالجة على إضفاء خاصية صد الروائح إذ أن تحكمها بنمو البكتريا يحقق هذه الخاصية . ومن طرق تطبيق العوامل المضادة للميكروبات على ركائز النسيج المختلفة استخدام أسلوب طبقات النانو واندماج الجسيمات النانوية بأكاسيد المعادن . [50]

## 2-3-8 المعالجة النهائية باستخدام تقنية النانو للحصول على أقمشة مؤخرة للهب

تتنمي المنسوجات التي لها خصائص مثبطة للهب إلى مجموعة من المنسوجات التقنية الواقية التي تحمي مرتديها من اللهب والحرارة فالرغبة في الحصول على منسوجات مؤخرة للهب بدأت من إنتاج ألياف ذات خواص مثبطة للهب مثل ألياف السيراميك والكيفلار حيث تم الوصول إلى مواد مثبطة للهب ذات كفاءة عالية .

حيث تم إحراز تقدم كبير في هذه المعالجة من خلال:

- تطوير جسيمات نانوية مؤخرة للهب يتم تطبيقها على الأقمشة من خلال ترسيب طبقة تلو طبقة أو باستخدام الطلاء النانوي.

إنتاج معالجات مؤخرة للهب تتمتع بعدم تأثيرها على البيئة أثناء تطبيقها . [51]

## 2-3-9 المعالجة النهائية باستخدام تقنية النانو للحصول على قماش مقاوم للبلل

إن أول المحاولات كانت في إنتاج أقمشة مقاومة للمياه إلا أن صد المياه يكون غير كامل مما يجعل مرتديها يشعر بالرطوبة عند هطول المطر ومن هنا تم السعي للوصول إلى أقمشة مقاومتها كاملة لاختراق الماء إضافة لذلك قابلة للتنفس

أي تسمح باختراق الهواء لتكسب مرتديها الراحة العالية عند الاستخدام حيث الخطوة الرئيسية في تحقيق منسوجات مقاومة للماء تكون بتقليل الطاقة السطحية للألياف فعند استخدام مواد طاردة للماء مثل مستحلبات البارافين والأحماض الدهنية والسيلكون والمواد القائمة على فلور الكربون تمنح الألياف ميل منخفض للتفاعل مع الماء بحيث تم إدخال مركبات تتفاعل مع السيلولوز وتوفر خاصية صد الماء من خلال استخدام مركبات البيريديوم والتي فيها يتم الحصول على خاصية صد الماء مع مراعاة عدم السمية في المعالجة.

وترتكز المعالجة النانوية في الحصول على الأقمشة المقاومة للبلل في خشونة السطح التي توفر طرد المياه مع الحفاظ على متانة القماش وإكسابه خصائص الشفاء الذاتي حيث ساهمت الجسيمات النانوية وطرق تطبيقها في تحقيق خصائص الصد للماء أو الزيت إضافة لذلك حققت خصائص أخرى كالتنظيف ومضادة للجراثيم ومقاومة الأشعة فوق بنفسجية. [52]

### **10-3-2 تقنيات الكبسولات النانوية للمعالجة النهائية للمنسوجات**

استخدمت في صناعة النسيج تطبيقات مختلفة للكبسولات وذلك لعدة أهداف ومنها حماية المواد النشطة المستخدمة في المعالجة من الأكسدة والحرارة والحموضة والرطوبة أو التبخر والتحكم في إطلاق المواد الفعالة ضمن التقدم في تقنيات التغليف استفادت صناعة النسيج من هذه التكنولوجيا في الحصول على منسوجات تقنية مثل المنسوجات المعطرة وبذلك توفر هذه المعالجة ملابس برائحة العطور إضافة إلى العديد من الوظائف ومن أهمها التنظيم الحراري والحماية من الأشعة فوق بنفسجية ومقاومة الجراثيم وهناك خمس طرق لتطبيق النانو كبسولات في المواد النسيجية هي الغمر والطلاء والطباعة والرش والحشو، وبالرغم من مضار إنتاج الكبسولات كالحرارة العالية تم استخدام المعالجة بالميكرويف و UV كبديل تمتاز بسرعة إنجازها والحرارة منخفضة وحفظ الطاقة والثباتية العالية والعديد من خصائص حماية البيئة. [53]

### **11-3-2 المعالجة النهائية باستخدام تقنية النانو للحصول على أقمشة الحماية من التهديدات الكيميائية**

إن الحماية من الظروف الطبيعية القاسية كالحرارة والبرد والأمطار والرياح وضوء الشمس والمواد الكيميائية والبيولوجية وأيضاً الظروف التي تكون من صنع الإنسان واحدة من السمات الهامة للمنسوجات والملابس وبذلك تنتمي هذه المنسوجات الواقية إلى مجموعة كبيرة من المنسوجات التقنية مع مجال تطبيق واسع بما في ذلك حماية مرتديها من الحرائق والحشرات والعوامل البيولوجية للتطبيقات الطبية ضد الأشعة فوق بنفسجية ،وبفضل تقنية النانو تم بداية الوصول إلى المنسوجات الواقية ونهاية إلى منسوجات ذات مجالات حماية كبيرة ضد التهديدات الكيميائية والبيولوجية والنووية والإشعاعية . تجلت هذه التقنية باستخدام المواد المركزة بشكل أساسي على الكربون مثل الأنابيب النانوية والكربون الأسود والجسيمات المغناطيسية والبوليميرات الموصلة وجميع هذه المواد المطورة تم استخدامها في معالجة الحماية ،وبذلك حققت هذه المعالجة الكثير من الميزات بسبب المساحة السطحية العالية لها والمسامية. [54]



## الفصل الثالث: التطرية باستخدام تقنية النانو



### الفصل الثالث :التطرية باستخدام تقنية النانو

#### 3-1 تعريف وآلية التطرية

النعومة هي واحدة من أهم خصائص اللباس التي تؤثر بشكل مباشر على قرار الشراء لدى الزبون لارتباطها بعلاقة وثيقة بالشعور بالراحة لمن يرتديها لذا تعتبر المطريات من المكونات الأساسية للمنظفات الصناعية أو المواد صابونية التي يتم استخدامها في نهاية دورة الغسيل لإكساب اللباس النعومة المطلوبة.

خلال السنوات الماضية تم زيادة العمل في عمليات التطرية بالإضافة إلى الاهتمام في تكنولوجيا تطبيقها ولقد تم الاتجاه إلى مواد تطرية كيميائية فعالة وجيدة التكلفة ومقاومة للحرارة العالية و الاصفرار ،إضافة لذلك مقاومة لأي تأثير ضار على خصائص ثبات اللون للنسيج المصبوغ وأيضاً صديقة للبيئة .

لذا استناداً إلى التعريف الذي اقترحه ميلسون فإن المطريات هي " مواد كيميائية لها القدرة على تغيير ملمس المواد النسيجية وصولاً إلى حالة ملمس مرضية".حيث أن عمليات التطرية تعمل على توفير خصائص مرغوبة أخرى أكثر من مجرد ملمس ناعم على سبيل المثال التحكم في الرطوبة والمرونة وسهولة الخياطة ومقاومة التآكل. يمكن الحصول على تطرية نهائية من خلال ثلاثة مسارات رئيسية وهي الطرق الميكانيكية والبيوكيميائية والكيميائية .من الطرق الميكانيكية مثل الرفع والظهور والصنفرة والسحب لتقليل سماكة النسيج من خلال زيادة الضغط على النسيج. حيث أن الضغط الذي يخضع للتحكم لتحقيق تأثير سطحي خاص مثل جلد الخوخ. [55]

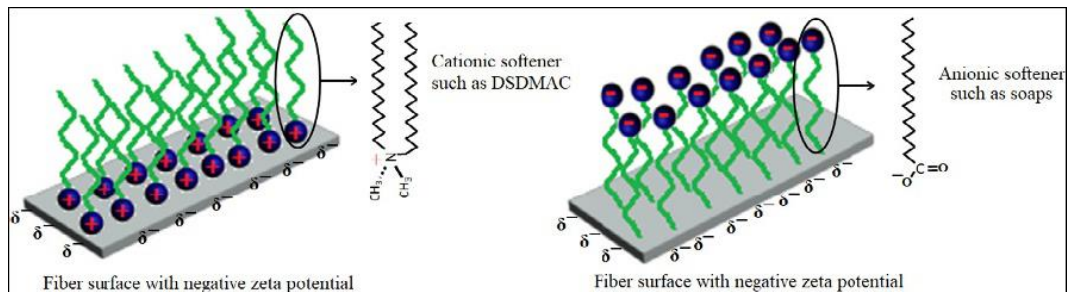
أما بالنسبة للطرق البيوكيميائية التي تستخدم الإنزيمات نجحت كذلك في تحسين نعومة السطح عن طريق إزالة الألياف السطحية وتقليل النسيج المتشعر بحيث تتم هذه المعالجة بشكل رئيسي باستخدام مواد كيميائية تساعد في تقليل قوى الاحتكاك بين الألياف في الخيط والقوى على سطح الألياف.

وعموماً تستند الآلية المقبولة للحصول على النعومة على اتجاه جزيئات المطري الكيميائي على سطح النسيج والتي تعتمد على طبيعة المنقي والركيزة

النسيجية، حيث تعتبر الجاذبية الإلكترونية والتوتر السطحي للماء الآليتان الرئيسيتان المتداخلتان في عملية التطرية .

بشكل عام المطريات هي مواد خافضة للتوتر السطحي مكونة من جزء (دهني) الذي لا يختلط بالماء والجزء المائي الذي يسمح بالتشتت في الماء. اعتماداً على شحنة سطح الليف والطاقة المحملة في الماء (والتي تكون بشكل عام سالبة) تحدث حركة المطريات في اتجاهات مختلفة على السطح (الشكل 1.3).

تتجذب المطريات الكاتيونية عموماً نحو سطح النسيج المشحون سلباً مما يخلق سطح من سلسلة كارهة للماء ومع ذلك فإن الجزء الكاره للماء يعتبر آلية مقبولة لتحميل المطري على مواد النسيج. أما بالنسبة للمطريات الأنيونية تتجه إلى السطح المشحون سلباً مما يخلق سطحاً جديداً من السلسلة الكارهة للماء وعندها يتم صدها بعيداً عن سطح الألياف المشحونة سلباً فتغادر السطح المحب للماء مما يسبب انخفاض النعومة مقارنة مع النعومة التي يتم الحصول عليها من خلال المطريات الكاتيونية في المقابل الجزء الكاره للماء من المطريات الغير الأيونية ينجذب إلى السطح الكارهة للماء أما بالنسبة للجزء المحب للماء ينجذب إلى السطح المحبة للماء وبالتالي هذه المجموعة من الآليات التي تشتمل التفاعلات الأيونية وكره الماء هي المسؤولة عن خصائص التليين للمطريات السيليكونية. [56] ومن المعروف عموماً أن إمكانية التطرية بالسيليكون تأتي من مرونة العمود الفقري للسيلوكسان وحرية التناوب في التوضع على طول هيكل السيليكون وبالتالي من خلال ترتيب مجموعات R بعيداً عن سطح الألياف يسبب تخفيض تفاعل الليف إلى الليف مما يجعل النسيج أكثر ليونة. [57]



الشكل (1-3): يبين اتجاهات المطريات الموجبة والأنيونية على سطح الألياف مع طاقة ذات شحنة

سالبة محتملة على أساس نظرية التفاعل الأيوني [57]



### 3-2 تصنيف عامل التطرية

يوجد ثلاثة أنواع من تصنيفات المطري هي :مطريات دائمة وغير دائمة وفعالة، حيث أن تصنيفها بالاعتماد على ثباتية خصائص التليين وكذلك تجميعها في مطريات دائمة ومؤقتة فالتصنيف الأكثر شعبية والذي يستخدم على نطاق واسع اليوم الذي اقترح في عام 2002 والذي يعتمد على الطبيعة الأيونية وقطبية المطريات بما في ذلك الأيونية والغير أيونية والمذبذبة والمطريات القائمة على السليكون هي الأكثر شيوعاً والتي تتضمن ما يلي [58] :

#### البولي سيلوكسونات المعدلة :

قد تناولت دراسات حديثة تأثير مطريات السيليكون الفعالة ذات الوظيفة العضوية (وبالأخص بولي ثنائي ميتيل السيلوكسان المعدل) وعوامل الربط من السيليكون على خصائص الأداء للأقمشة القطنية. ونستعرض فيما يلي السيليكونات المعدلة التي تم اختيارها للدراسة.

#### 1. بولي ثنائي ميتيل سيلوكسان ذو الوظيفة الأمينية والمنتهي بثلاثي ميتيل :

إن هذا المركب هو مركب أمينو السيليكون غير فعال الذي يسبب اصفرار الأقمشة المعالجة حيث أن طبيعته الكاتيونية الضعيفة نتيجة وجود مجموعة الأمين هي التي تحسن نعومة الأقمشة القطنية.

#### 2. بولي ثنائي ميتيل سيلوكسان ذو المجموعات الفعالة والمنتهي بثلاثي ميتيل:

يعتبر هذا البوليمير ذو وزن جزيئي عال جداً (ولزوجته 100,00Cst) ويعتبر فعال بطبيعته وذلك بفضل وجود مجموعة هيدروكسي مرتبطة بذرة السيليكون في العمود الفقري لبولي السيلوكسان.

#### 3. بولي ثنائي ميتيل السيلوكسان المغلق النهايتين بمجموعتي هيدروكسي ذي اللزوجة المنخفضة :

بإمكان هذا البوليمير ذو المجموعات السيليكونية الفعالة ذات الوزن الجزيئي المنخفض (بلزوجة 100Cst) ربط جزيئات السيلولوز الضخمة عرضياً مشكلاً روابط عرضية ضخمة وذلك نظراً لوجود مجموعتي هيدروكسي نشيطتين عند نهايتي المركب البوليميري حيث تم تطبيق هذا المركب على القماش القطني باستخدام الباد -التجفيف -التعتيق مع إضافة مواد إضافية أخرى .وتشير النتائج إلى أن المطريات السيليكونية وخاصة تلك التي تكون من النوع الفعال تعطي النسيج القطني مواصفات الحفاظ على الطية إضافة إلى الحفاظ على الخصائص الميكانيكية للقماش وديمومتها بالمقارنة مع المطريات الكاتيونية التقليدية .إضافة إلى ذلك فإن اللزوجة وألية امتزاز المطري بالإضافة إلى شروط المعالجة كدرجة حرارة تعتيق تعتبر عوامل حاسمة تؤثر على مواصفات الأداء للأقمشة المعالجة إذ تعطي منتجات السيلكون الخطية الفعالة صفة الديمومة لفترة طويلة .ويفسر التحسن في استعادة الشكل بعد التجعد بشكل رئيسي إلى تشكيل شبكة بوليميرية مرنة للسيلكون حيث تقيد هذه الشبكة الألياف محسنة بذلك قدرة القماش على استعادة حالته الطبيعية بعد التشوه .لا يوجد مجال للمقارنة بين عوامل الربط العرضي للسيلولوز غير الحاوية على الفورم ألدهيد وبين مركب ثنائي ميثيل ثنائي هيدروكسي إيثلين اليوريا والذي يضيف خاصية قدرة الشفاء من التجعد بزوايا أكبر بكثير دون أن يسبب اصفرار القماش ولكن فعالية عوامل الربط العرضي الغير حاوية على الفورم ألدهيد تكون أقل في حال القماش القطني 100% وذلك فيما يتعلق بزوايا الشفاء من التجعد وعند تطبيقه على الأقمشة الممزوجة قطن /البوليستر أو البوليستر /الفسكوز التي تشكل ألياف الفسكوز النسبة الأكبر فيها فإن المقاومة الطبيعية التي يتمتع بها البوليستر تحسن من مقاومة الخليط للتجعد وفي هذه الحالة فإن عامل الربط الخالي من الفورم ألدهيد يعطي الجزء القطني من المزيج القطني مقاومة محدودة للتجعد.

يتم تصنيف السيلكونات باعتبارها فئة منفصلة عن المطريات الاصطناعية والتي هي أساساً تكون على شكل بوليمير مثل ثنائي ألكيل السيلوكسان كما يتم توفيرها كمستحلبات مائية وذلك بتشتيت زيت السيليكون في الماء باستخدام مستحلب مناسب حيث تمتاز المستحلبات السيليكونية بخصائص ممتازة مثل الاستقرار العالي ضد المواد الكيميائية والحرارة والكائنات الحية الدقيقة والتي تحقق مرونة جيدة

وصديقة للبيئة وسطوح الأقمشة المعالجة بالسيليكون معظمها غير قطبية و غير دهنية فأثر صد الماء يعتمد على طول سلسلة السيليكون.

صنعت المطريات التي أساسها السيليكون على شكل بوليميرات ومن أول مطريات السيليكون ثنائي ميثيل بولي سيلوكسان الذي يستخدم بشكل رئيسي في الألياف الاصطناعية .

حيث يتم تعديل المطريات التي تحتوي على السيليكون مع العديد من المواد الكيميائية للحصول على الخصائص المرغوبة إلى جانب النعومة. على سبيل المثال تم تعديل بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان باستخدام مجموعات ميثيل هيدروجين سيلوكسان أو من خلال وظيفة استيرية. علاوة عن الوظيفة الأمينية تم استخدام مجموعات الإيبوكسي القادرة على التفاعل مع الألياف لتعديل ثنائي ميثيل بولي سيلوكسان حيث أن المطريات السيلكونية العضوية التي تحتوي على مجموعات فعالة تتفاعل بشكل فعال مع الألياف الطبيعية مثل الأقمشة السليلوزية أدى تعديل المطريات القائمة على السيليكون مع مجموعات إيثيل الأمينو أو بروبيل إلى الحصول على نعومة فائقة. [59]

الجدول (3-1) تصنيف مطريات النسيج الشائعة [60]

طرق التطبيق	المساوئ	المزايا	أمثلة	الطبيعة الأيونية
الغمر	توافق منخفض مع العوامل المساعدة الأخرى، اصفرار طفيف ولها تأثيرات بيئية	تحقق أفضل نعومة بسبب تفاعلها الأيوني مع الألياف المشحونة سلباً، مقاومة للتآكل وتسبب سهولة في عمليات الخياطة	استرات امينية دهنية على أساس الكحول	الكاتيونية
الغمر	الحساسية للأيونات المعدنية ،أقل ثباتية للماء و الشوارد في حمام المعالجة	الثباتية عند درجات الحرارة المرتفعة، محبة للماء ،مقاومة للاصفرار	الكبريتات وسلفونات الأحماض الدهنية	أنيونية
الغمر	عدم وجود أي تأثير على ركائز الألياف	لا تسبب الاصفرار ،صديقة للبيئة	الشمع ، مستحلبات بولي ايثيلين ،الغليسيرول	غير أيونية
الغمر	-	التوافق الجيد مع المعالجات اللاحقة، محبة للماء	إيثوكسيلات ، الكحول	مطريات ذات طبيعة مذبذبة
الغمر	-	نعومة فعالة ، مقاومة للحرارة	بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان PDMS	المطريات المرتكزة على السيلكون

توفر المطريات القائمة على السيليكون عادة نعومة ثابتة إلى جانب ذلك العديد من الخصائص الإضافية بما في ذلك تحسين مقاومة التجعد والراحة في الارتداء وهذا ينشأ من قدرة بوليمر السيليكون على تشكيل شبكة مرنة تحبس الألياف داخل المصفوفة مما يجعل الألياف قادرة على الشفاء من التشوه علاوة على ذلك المقاومة العالية للحرارة للمطري القائم على السيليكون تضيف عليه خصائص مثبطة للهب من خلال رماد السيليكا الذي يكون بمثابة بطانية عازلة قد تعاني المطريات السيليكونية الأمنية من تأثير الاصفرار الناتج عن المعالجة بالرغم من النعومة الفعالة. [61]

تسبب المعالجة بالتطرية إلى زيادة ميل القماش للحببة لذا بذلت جهوداً لحل قيود هذه المشكلة لذا تحقيقاً لهذه الغاية تم استخدام السيليكونات التي تعطي إضافة لخاصية النعومة مقاومة الحببة ومن أهم البوليميرات السيليكونية العضوية المستخدمة هي التي تحتوي على مجموعة الإيبوكسي التفاعلية.

تتضمن السيليكونات البوليميرية المحبة للماء سلسلة بولي أوكسي إيثيلين / بولي أوكسي بروبيلن التي تحتوي مجموعات هيدروكسي وهذا يمنح السيليكونات ذات المجموعات الوظيفية الأمنية خاصية حب الماء دون حدوث أثر الاصفرار حيث تقدم مجموعة بولي سيلوكسان الكربوكسيل العضوية تطرية جيدة مع القليل من الاصفرار وكذلك مركبات الألكيل الإيبوكسي المعدلة قادرة على تحقيق المعالجة الفعالة كما تعتبر من المطريات المتقدمة التي تركز في تركيبها على السيليكون .

يعتبر راتنج بولي يوريثان مع المطري المرتكز في تركيبه على السيليكون وحمض الستريك من أحد الطرق الناجحة للحد من حببة النسيج إلى جانب تحسين خصائص مقاومة تجعد. [62]

إضافة لذلك تم إدخال المطريات مع المواد الكيميائية العطرية للحصول على أقمشة معطرة وناعمة في وقت واحد.

تم إدخال مطريات بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان بنجاح في المعالجة النهائية باستخدام تقنية النانو للمنسوجات من خلال الحصول على أقمشة بوليستر مضادة للبكتيريا باستخدام الجسيمات النانوية للفضة و ثاني أوكسيد التيتانيوم جنباً إلى

جنب مع بولي سيلوكسان كمثبت علاوة على ذلك يتم التحكم في تركيز الجسيمات النانوية لمطري بولي سيلوكسان من خلال خاصية حب أو كره الماء والتي ينجم عنها تغيير في اتجاه المجموعات الوظيفية لبولي السيلوكسان على السطح.

يمتاز مطري بولي السيلوكسان بمقاومة حرارية ومقاومة للمواد الكيميائية وهو أيضا فعال كمحفز ضوئي مساعد حيث ينشأ عن النشاط التحفيزي الضوئي لبولي السيلوكسان تدهور عالي لجزيئات الصبغة.[63]

### 3-3 الطين النانوي

الفيلو سيليكات الطبيعية والمعروفة باسم الطين وهي السليكات التي تتكون من الطبقات التي تتضمن رزمتين من السيليكات رباعية السطوح والتي تم استبدال الكاتيونات غير العضوية الطبيعية في الطين بالكاتيونات العضوية لتغيير خصائص سطح الطين من أجل تحسين قدرتها على الامتزاز حيث أن التبادل الأيوني مع الكاتيونات الفعالة بالسطح حقق على نطاق واسع في أملاح الأمونيوم الرباعية و قد تؤدي عملية التعديل إلى حدوث تغيير هائل في السطح والمسام للطين ومن المميزات الهامة للطين النانوي أنه مضادة للبكتريا و صديق للبيئة، والذي استخدم كطلاء للمنسوجات لإضفاء خاصية تثبيط الذهب للقماش وكعامل مساعد في المعالجات النهائية التي تمنح القماش مظهر قديم. وقد كشفت الدراسات أن تأثير الطين النانوي مناسب للحصول على ملمس ناعم للملابس المعالجة [64].

### 3-5 السيليكون النانوي

اعتمادا على حجم الجسيمات يتم تصنيف مستحلبات السيليكون إلى ماكروية (مظهرها حليبي، حجم الجسيمات: 150 - 300 نانومتر)، نصف ميكروية (مظهرها ضبابي، حجم الجسيمات (80-120 نانومتر) أو الصغرى (مظهرها شفاف، حجم الجسيمات أقل من 40 نانومتر) تم الحصول على المستحلبات الميكروية من خلال إدخال المجموعات الأمينية المحبة للماء إلى سلسلة سيليكونية لديها ثباتية عالية والتي تتمتع بنفاذية أفضل ونعومة ممتازة.

تظهر المطريات السيليكونية النانوية أداء أفضل ونعومة جيدة بسبب اختراقها العميق للألياف إضافة لذلك تزداد مقاومة الأقمشة للحببة بعد العلاج مع المطريات التي يتركز تركيبها على السيلكون النانوي مما يجعل نهايات الألياف متشابكة بصعوبة ومن خلال المقارنة لمختلف أنواع المطريات السيليكونية تبين أن السيليكونات الماكروية أقل مرونة وأقل مقاومة للماء مقارنة مع السيليكونات الميكروية بينما توفر السيليكونات النانوية مقاومة أفضل للماء ومقاومة للحببة بالنسبة للأقمشة المحبوكة دون التأثير على خصائص الثباتية، ولقد تبين أن السيليكونات الماكروية تبقى على السطح بينما السيليكونات النانوية تتغلغل بعمق داخل الليف بينما السيليكونات الميكروية تأخذ الحالة الوسطية لذا تعتبر المطريات السيليكونية النانوية أفضل من حيث ثباتها عند معالجة الأقمشة القطنية المبيضة المصبوغة بالصباغ الأسود الفعال مع المطريات السيليكونية النانوية والميكروية نتج عن ذلك أن متانة القماش المعالج مع السيليكونات النانوية أعلى من المتانة الناتجة عن المعالجة بالأحجام الأخرى. ومع ذلك تبين وجود آثار ضارة ناتجة عن استخدام السيليكونات النانوية على الخصائص الفيزيائية مثل قوة الشد ومقاومة التآكل، كما أدت معالجة أقمشة البوليستر مع مستحلبات السيلكون النانوية والمستحلبات الميكروية إلى مزيد من الانخفاض في طول الانحناء للعينات المعالجة بمستحلبات السيلكون النانوية بالمقارنة مع العينات المعالجة بالمستحلبات الميكروية السيليكونية كما أن استعادة الرطوبة تنخفض مع العينات المعالجة بالمطريات النانوية والميكروية حيث تخلق جزيئات السيلكون النانوية حاجز أقوى لاستعادة الرطوبة بالمقارنة مع المطريات الأخرى ومن خلال دراسة تأثير تطبيق السيلكون النانوي على ثبات اللون والتآكل ومقاومة الحببة لأقمشة التريكو. إن مقاومة التآكل للعينات المعالجة بالسيلكون النانوي نتجت حركة الألياف داخل النسيج التي تم زيادتها بواسطة مطريات السيلكون النانوية.

تحدث الحببة على النسيج بواسطة الألياف المتشابكة ومن خلال المطري النانوي السيليكوني يزداد الانزلاق للألياف وبالتالي تشابك نهاياتها يصبح صعباً. وبالتالي يزيد العلاج بالسيلكون النانوي مقاومة الأقمشة للحببة أما بالنسبة لثبات اللون تبين أن العلاج باستخدام المطري السيليكوني لا يؤثر على ثبات اللون.

تم معالجة الأقمشة القطنية المبيضة المصبوغة بالصباغ الأسود الفعال بالمطريات السيليكونية من خلال طريقة غمر /تجفيف / تعتيق .

ومن خلال دمج مستحلب السيلكون النانوي مع الميكرو والماكرو من مستحلب السيليكون فنتج عن ذلك تحسن الخصائص الفيزيائية للقماش المعالج مثل الملمس وزاوية الاستعادة من التجعد وطول الانحناء ومقاومة التآكل وقوة الشد وزاوية الشفاء من التجاعيد ،بالمقارنة بين مستحلبات السيلكون النانوية مع المستحلبات الميكروية والمايكروية تبين أن مستحلبات السيليكون النانوية تتفوق من حيث النعومة الفائقة. تبين بعد العمل ضمن مجال من التراكيز 10 إلى 40 غرام / لتر أن طول الانحناء النسيج انخفض بزيادة التركيز، إن المعالجة بمستحلب السيليكون النانوي سبب تدهور قوة الشد للنسيج بالمقارنة مع المستحلبات الميكروية والماكروية إلا أن الجمع بين المطري السيلكوني النانوي مع مستحلب السيلكون الماكروي زاد من قوة الشد بالمقارنة مع المستحلب النانوي و الميكروي وأيضا حافظ على ثبات الألوان.

ومن خلال المسح بالمجهر الإلكتروني (SEM) فقد تبين أن مورفولوجيا الألياف في الأقمشة المعالجة بالمطريات السيليكونية النانوية ذات نعومة موحدة وبالتالي يتميز المطري السيليكوني النانوي بالعديد من الخصائص الفيزيائية باستثناء قوة الشد ومع ذلك يمكن تعويض هذا عن طريق استخدام المستحلب الماكروي.[56]



## الفصل الرابع: الأمواج فوق الصوتية



## الفصل الرابع : الأمواج فوق الصوتية

### 4-1 تعريف الأمواج فوق الصوتية:

ينتج الصوت بالاهتزاز الميكانيكي للأوساط المرنة ويفترض حدوثه عند وجود المادة، يمكن أن يتواجد بالأوساط الصلبة، السائلة أو الغازية.

وتصنف الأمواج الصوتية إلى أمواج تحت الصوتية حتى [16HZ] والصوت المسموع [16 KHZ – 16HZ] والأمواج فوق الصوتية هي الأعلى من الأمواج المسموعة وبتردد أعلى من [16HZ] وحتى [500MHZ]. [65]

### 4-2 المبدأ الأساسي وظاهرة تشكل الفقاعات.

في المواد الصلبة تنقل كلاً من الأمواج الطولية والعرضية، بينما لا تنتقل في الغازات والسوائل إلا الأمواج الطولية فقط.

تنتج التأثيرات فوق الصوتية في الحقيقة عن الطريقة التي ينتشر فيها الصوت خلال الوسط. وفي السوائل، تولّد الاهتزازات الطولية للجزيئات ضغوطاً تخلق خلخلة، أي بمعنى آخر تنشأ مناطق ذات ضغط محلي مرتفع ومناطق ذات ضغط منخفض.

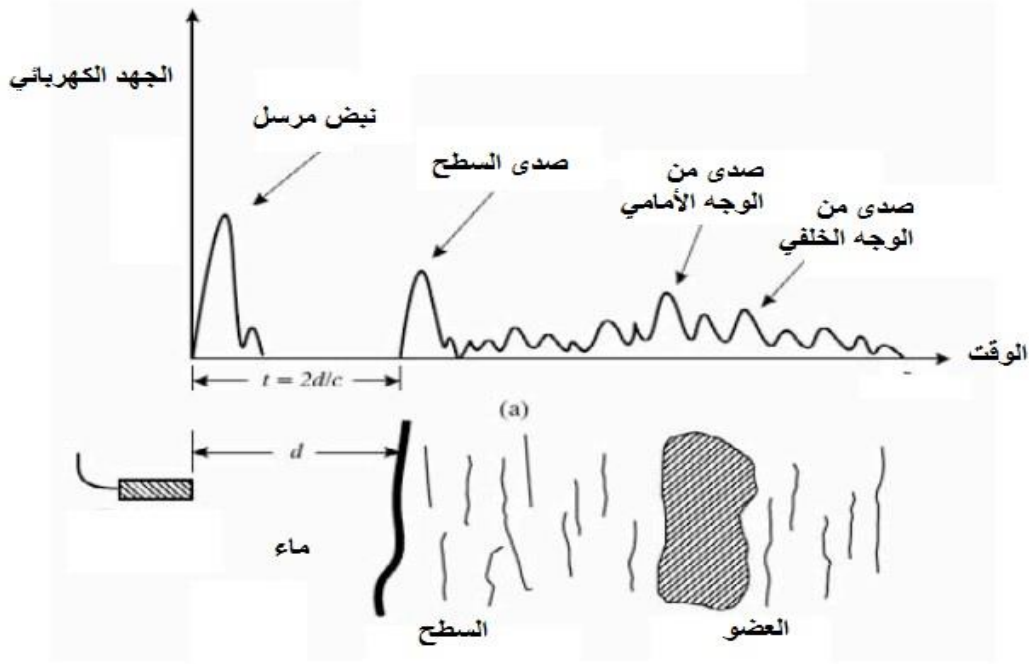
وهذه الأخيرة تؤدي لتشكيل ظاهرة التفريغ (التكهف)، أي تتشكل فقاعات صغيرة جداً من البخار من مقاس 500nm، التي يمكن أن تنهار مسببة أمواج اهتزاز خلال الوسط.

التفريغ هو الظاهرة الطبيعية الرئيسية وراء كل تأثيرات الأمواج فوق الصوتية في معظم عمليات المعالجة والتي يتم فيها تشكيل ونمو وانهيار فقاعات الغاز أو البخار تحت تأثير الأمواج فوق الصوتية الذي ينتج عن انهيار الفقاعات في المنطقة المجاورة لسطح مادة صلبة مثل مادة النسيج تشكل تدفقات مكروية ذات سرعة عالية تصل حتى [100-150] m/s موجبة نحو السطح الصلب.

يمكن أن تؤدي هذه التدفقات المكروية لزيادة التدفق داخل الخيط، وزيادة في سرعة انتقال الكتلة بين داخل الخيط والمسامات داخل الخيط، وفي الناحية الأخرى قد تحمل الفقاعات سوية مع الأمواج الصوتية إذا لم تنهار فوراً، حيث أن الماء مع الفقاعات تحدث تيارات تدعى بتيارات المنبع الصوتي.

يعزى للأمواج فوق الصوتية الظاهرتين اللتين هما الحركة السريعة للسوائل الناتجة عن اختلاف الضغط الصوتي الذي يعرض المحلول للانضغاط والتخلخل والجزيئات الميكروية،

يؤدي التشكل والانهييار الآني لفقاعات الهواء الصغيرة جداً إلى زيادة كبيرة في الضغط ودرجات الحرارة على مستوى مجهري (بالغ الصغر). [65]



الشكل (1-4) انعكاس النبضات مع الزمن [ 65 ]

#### 3-4 دراسة الموجة الصوتية:

#### 1-3-4 فيزياء الموجات الصوتية:

مهما كانت الكميات المادية المستخدمة لوصف الموجات الصوتية يجب أن تعتمد على ثلاث متغيرات مكانية  $[x, y, z]$  و الزمن  $[t]$ .

سرعة الجسيمات  $V [X, Y, Z, T]$

الضغط الصوتي  $P [X, Y, Z, T]$ ؛ في حال  $P=0$  لم يكن هناك موجة بالنسبة للموجات الطويلة من السهل ربط ضغط الصوت على سرعة الجسيمات الأساسية

$$C = \sqrt{\frac{1}{P.K}} ; Z = P.C ; P = V.Z$$

حيث أن:

Z: الممانعة المميزة.

C: سرعة الصوت.

P: كثافة المادة.

K: الانضغاط.

سرعة الصوت لمختلف المواد :

$$C = \sqrt{\frac{1}{\rho k}}$$

ممانعة الضغط المرتبط إلى الجسيم :

$$P = V \cdot Z$$

$$Z = P \cdot C = \sqrt{\frac{P}{K}}$$

Material	Density, $\rho$ [kg m <sup>-3</sup> ]	Speed, $c$ [m s <sup>-1</sup> ]	Characteristic Impedance, Z [kg m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ] ( $\times 10^6$ )
Air at STP	1.2	330	0.0004
Aluminum	2700	6400	17
Brass	8500	4490	38
Castor oil	950	1500	1.4
Mercury	13,600	1450	20
Polyethylene	920	2000	1.8
Polymethyl-methacrylate	1190	2680	3.2
Water	1000	1480	1.5
Blood	1060	1570	1.62
Bone	1380-1810	4080	3.75-7.38
Brain	1030		1.55-1.66
Fat	920	1450	1.35
Kidney	1040	1560	1.62
Liver	1060	1570	1.64-1.68
Lung	400		0.26
Muscle	1070		1.65-1.74
Spleen	1060		1.65-1.67
Water	1000	1484	1.52

الشكل (2-4) الاختلافات في السرعة و الممانعة [65]

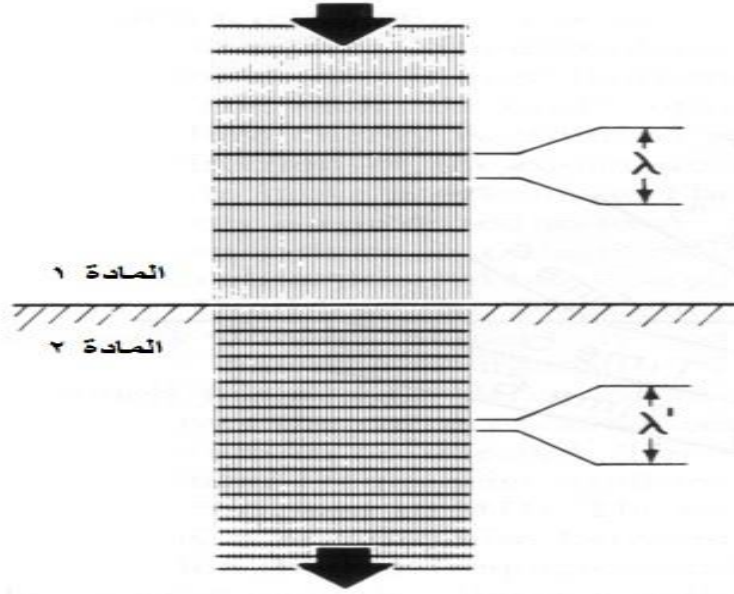
#### 4-3-2 انتشار الموجات فوق الصوتية في الأنسجة:

أنظمة التصوير بالأمواج فوق الصوتية تعمل بشكل عام عند [3.5MHZ] الذي يتوافق مع

الطول الموجي [0.44mm] عندما  $c = 1540 \text{ m/s}$

عندما تمر موجة من وسط واحد إلى آخر "الانكسار" و التردد يكون ثابت و عند تغيرات  $c$

يجب أن يكون طول الموجة  $\lambda = \frac{c}{f}$



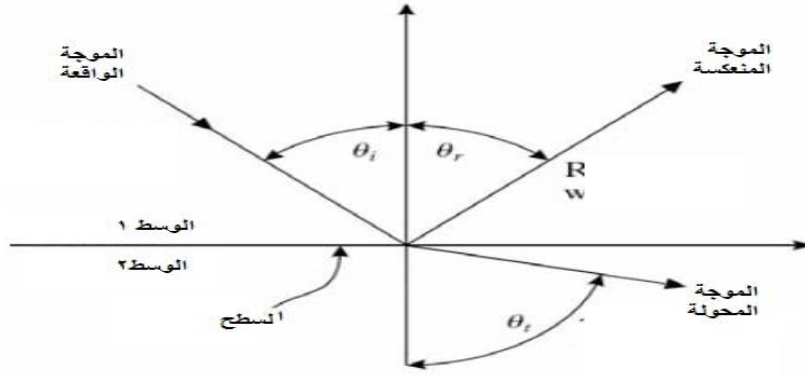
الشكل (4-3) انتشار الموجات فوق الصوتية في الأنسجة [66]

قانون Snell للانكسار:

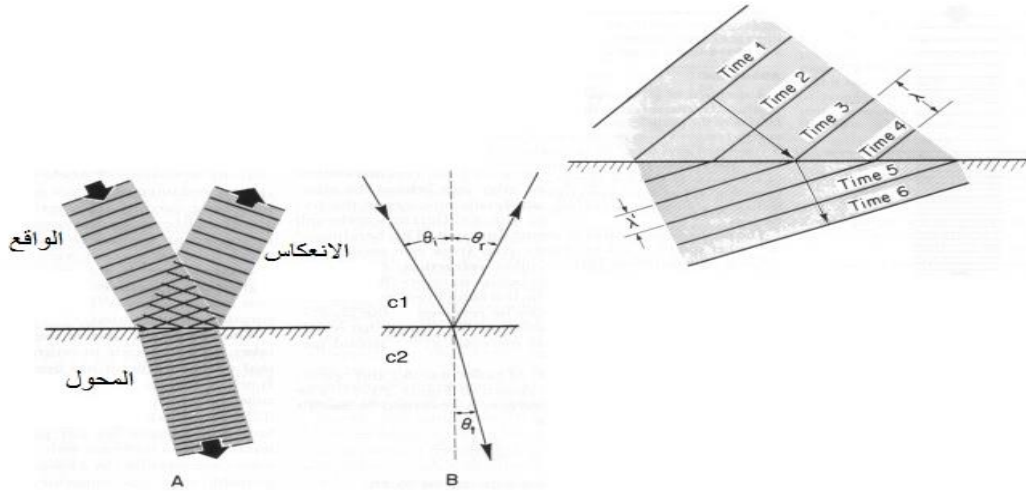
$$\frac{\sin \theta_i}{c_1} = \frac{\sin \theta_r}{c_1} = \frac{\sin \theta_t}{c_2}$$

في الشكل (4-4) : عندما  $\lambda_2 > \lambda_1$  يكون  $\theta_2 > \theta_1$  و  $c_2 > c_1$  يمكن أن تكون هناك زاوية حرجة.

$\theta_1 = \theta_2$  حيث أن  $\theta_1 = 90^\circ$  أي لا يوجد موجة مرسلية في هذه الحالة هناك الانعكاس الكلي للموجة. [66]



الشكل (4-4) يوضح انكسار الموجات [65]



الشكل (5-4) يوضح الانعكاس الكلي الداخلي [65]

#### 4-4 العناصر الأساسية للنظام فوق الصوتي:

يمكن أن تتسبب تأثيرات التقنية فوق الصوتية إلى عدد من الآلات المختلفة:

يعتمد تأثير الأمواج فوق الصوتية على الآليات المختلفة التالية:

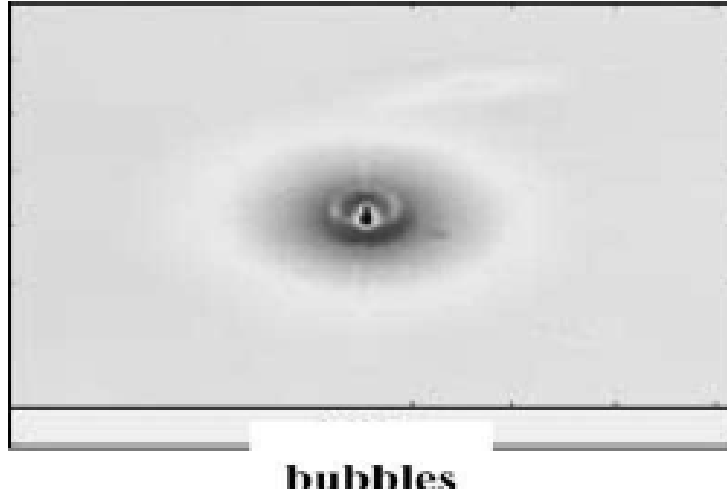
1. تركيز الشعاع
2. الحرارة
3. التدفق
4. ظواهر التفريغ
5. الإثارة
6. عدم الاستقرار بين السطوح البينية والاحتكاك فيما بينها.
7. الانتشار والتعطيم الميكانيكي. [65]

#### 4-5 تأثير الأمواج فوق الصوتية:

أثبتت دراسات متعددة أن تأثير الأمواج فوق الصوتية يكون بثلاث عوامل: التكيف، زيادة انتقال الكتلة، العامل الحراري.

#### 4-5-1 التكيف cavitation:

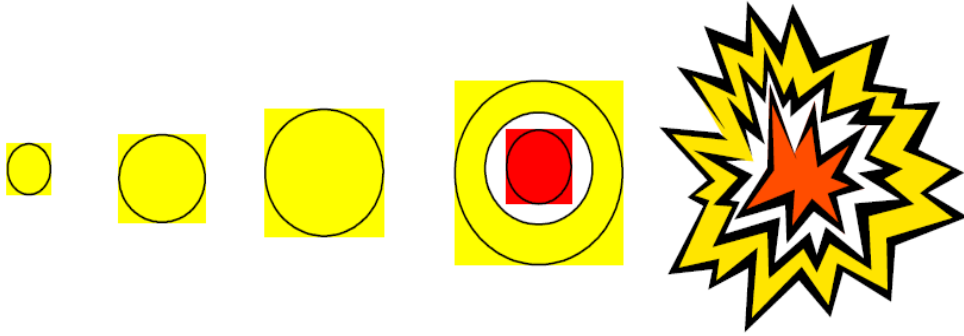
هو ظاهرة فيزيائية تحدث من انخفاض مفاجئ في الضغط داخل السائل، مما تولد الفقاعات فراغاً وتجاويف الشكل (4-6).



الشكل (4-6) تشكل الفقاعات بتأثير الأمواج فوق الصوتية [66]

يخلق التجويف طاقة ودرجات حرارة وضغوط محلية قوية لفترة قصيرة من الزمن عقب ذلك عودة فورية إلى الضغط الأصلي، مما يؤدي إلى انهيار تلك التجاويف الشكل (21)، وإطلاق الطاقة، والتي تم نقلها بعد ذلك إلى الوسط .





Bubble forms → Bubble grows to unstable size → Bubble collapses violently

#### الشكل (4-7) ظاهرة التكيف والانهييار التكيفي [66]

يؤدي الانهييار التكيفي إلى شروط حدية منتجاً إصداراً ضوئياً، و أمواجاً صدمية و درجات حرارة موضعية عالية ( حتى  $5000k$  ) و ضغطاً حتى ( $180MPa$ ) ، تفكك درجات الحرارة والضغط العالية الماء إلى ذرات الهيدروجين ( $H$ ) و جذور الهيدروكسيل ( $OH$ ) .

يتعلق التكيف والانهييار التكيفي بالعديد من العوامل أهمها التردد وشدة الطاقة فوق الصوتية ونوع السائل المستخدم واللزوجة والتوتر السطحي وضغط البخار والغازات المنحلة ودرجة الحرارة والضغط المطبق.

يكون التجويف صعباً في السوائل اللزجة، وعندما يكون للسائل توتر سطحي عالي تكون الغازات المنحلة أقل وبالتالي التجويف أصعب.

يعتمد حدوث التكيف على التسارع الذي يحدث فيه التغيير في الضغط، ينتج عن التسارع العالي ضغوط تفاضلية أعلى، مما يؤدي إلى زيادة احتمالية حدوث ظاهرة التكيف.

هناك نوعان من التكيف وهو التكيف الداخلي وغير الداخلي، التكيف غير الداخلي هو تكيف مستقر عند تشكل الفقاعة بعدد ثابت من الدورات الصوتية، أما التكيف الداخلي هو تكيف غير مستقر عندما تتذبذب الفقاعات في دورة صوتية غير مستقرة.

ومن تأثيرات الأمواج فوق الصوتية على النسيج:

- 1.ازدياد انتفاخ النسيج في الماء.
  - 2.تخفيض درجة حرارة التحول الزجاجي للليف (تمدد المناطق غير المتبلورة).
  - 3.زيادة معامل انقسام الليف / حمام الصباغ.
  - 4.تحسين عملية انتقال الصباغ إلى سطح الليف وتخفيض الطبقة الحدية.
  - 5.الثخانة.
  - 6.تحتطيم الجزيئات المشحونة والتجمعات ذات الوزن الجزيئي المرتفع من أجل الانتشار المتناسق في حمام الصباغ.[66]
- 4-5- 2 انتقال الكتلة في مواد النسيج والأمواج فوق الصوتية:**

تعتبر قطعة النسيج وسط حساس غير متجانس، ويتألف النسيج من غزول مكونة من الألياف، للقماش المنسوج مسامية ثنائية: مسامية بين الغزول، مسامية داخل الغزل، يشكل الانتشار والانتقال في المسامات بين الغزول وداخل الغزل للقماش، الآليات المسيطرة على انتقال الكتلة في عمليات المعالجة الرطبة للمنسوجات.

إن الخطوات الأساسية لانتقال الكتلة في المواد النسيجية هي:

1. انتقال الكتلة من المسامات داخل الخيط إلى المسامات بين الخيوط
- 2.انتقال الكتلة من المسامات بين الخيوط إلى الطبقة الحدية السائلة من النسيج وكتلة السائل.
- 3.انتقال الكتلة من الطبقة الحدية السائلة الكتلة السائل.[66]

#### **4-7 تطبيقات الأمواج فوق الصوتية :**

#### **4-7-1 تطبيقات الأمواج فوق الصوتية في المنسوجات:**

بدأ استخدام الأمواج فوق الصوتية على ركائز النسيج والبوليمرات بعد ظهور المواد الصناعية ومزائجها في الصناعة.

يتضمن هذا التطبيق في العمليات الميكانيكية (النسج، الإنهاء، القيام بعمليات القطع والوصل للمنسوجات المحاكاة، غير المحاكاة والمخاطة) والعمليات الرطبة (التنشية، التطرية التبييض، التنظيف، الصباغة .... الخ)

يتم التعامل مع تطبيقات المعالجة الصوتية في العمليات الميكانيكية للمنسوجات الصناعية والمنسوجات المخصصة للألبسة، لاقت التجهيزات الصوتية من أجل عمليات القطع والوصل قبولاً متزايداً في كل مجالات صناعة النسيج العالمية وفي الحياكة عبر العمليات النهائية إلى عمليات التصنيع.[66]

#### 4-7-2 المعالجة الرطبة بمساعدة الأمواج فوق الصوتية:

يتضمن تطبيق الأمواج فوق الصوتية في عمليات معالجة المنسوجات إرسال الطاقة فوق الصوتية بشكل مباشر إلى مواد النسيج، عن طريق بوق وسندان، من أجل الترطيب أو الصباغة المستمرة، فمثلاً في الصباغة بدأت إمكانية صباغة المنسوجات باستخدام الأمواج فوق الصوتية عام 1941م.

يمكن استخدام هذه التقنية لصباغة القطن بالأصبغة المباشرة، الصوف بالأصبغة الحمضية، وألياف البولي أميد والأسيتات بالأصبغة المشتتة.

إن تطبيق الأمواج فوق الصوتية أكثر فائدة على الأصباغ غير المنحلة في الماء من أجل الألياف الكارهة للماء (الهيدروفوبية).

يمكن زيادة تأثيرات إزالة أو فصل الغازات بالتأثير الميكانيكي لظاهرة التفريغ، بينما ينتج الانتشار بسبب الفعل الفيزيائي وتسخين السطح.

ينتج عن المعالجة فوق الصوتية أيضاً تناسق أكبر في اللون، تتعلق نتائج الصباغة بتردد الأمواج فوق الصوتية المستخدمة، لن تعطِ الترددات بين 50-100HZ أي تأثير، بينما تكون الترددات بين 175KHZ-22 أكثر فاعلية. [66]

#### 4-8 تأثير الأمواج فوق الصوتية على تشكيل الجزيئات النانوية :

تطورت تكنولوجيا النانو بمعدل هائل في العقود الثلاثة الماضية ، وفتحت التطورات الأخيرة في المواد ذات البنية النانوية فرصاً جديدة لتطبيقات متنوعة في الالكترونيات والطاقة وكيمياء المواد وحتى علم الأحياء، وهذه التطورات قد تمت بفضل تطوير طرق صناعية جديدة تدعم التحكم بقياس المواد النانوية والبنية المجهرية لها .

واستخدام الأمواج فوق الصوتية في هذا المجال وفر معدات اصطناعية متنوعة وسهلة الاستخدام من أجل دراسة المواد ذات البنية الجزيئية النانوية والتي كان من غير المتاح دراستها بسهولة سابقاً .

الظواهر الفيزيائية الأولية التي لها علاقة بالأمواج فوق الصوتية والمتعلقة بتركيبية المواد كانت التجايف والإرذاذ .

يقصد بالإرذاذ تكون ضباب من مرور الأمواج فوق الصوتية خلال سائل والتأثير على سطح هذا السائل/الغاز، وهو أساس التفكك الحراري بالأمواج فوق الصوتية و الذي يرمز له ب (USP) كاختصار ل **ultrasonic spray pyrolysis** محدثاً ردود أفعال لاحقة مثيرة للاهتمام في القطرات الساخنة للمادة .

أما التجايف وهو خاصة كيميائية ناتجة عن الأمواج فوق الصوتية ، فهو يوفر تفاعل مميز بين المادة والطاقة في نقاط ساخنة داخل الفقاعات تصل درجة حرارتها إلى 5000K و الضغط فيها 1000 bar بمعدلات تسخين وتبريد تصل إلى أعلى من  $10^{10}$  K/S ، وهذه الظروف الاستثنائية تسمح بالوصول إلى مجموعة من التفاعلات الكيميائية التي لا يمكن الوصول إليها عادةً، مما يجعل التفاعل ممكناً لمجموعة واسعة من المواد النانوية غير العادية.

و نستطيع تفسير سلوك المادة هنا بأن التجايف تكسر قوى فاندرفالس انطلاقاً من تكتلات المادة المطرية و حتى الجسيمات الأساسية، وهناك جزيئات كبيرة من المادة المطرية تتعرض للتآكل السطحي (بسبب انهيار التجايف في السائل المحيط) أو تقليل حجم الجسيمات ( بسبب الانشطار من خلال الاصطدام بين الجزيئات أو الانهيار تشكلت فقاعات التجايف على السطح ) .

وإكمالاً لعمل خاصية التجاوب تأتي ال (USP) الناتجة عن خاصية الإرذاذ فتسهل تشكيل مجموعة واسعة من المركبات النانوية .

غالباً ما تظهر المواد ذات البنية النانوية خصائص مميزة عن المواد الأخرى وذلك بسبب عدة أمور منها وجود تجمعات صغيرة لها هياكل الكترونية و تتمتع بكثافات عالية وكونها سلاسل غير مستمرة .

هناك طرق عديدة لتشكيل جزيئات نانوية تم التحدث عنها مسبقاً ويمكن أن نقول أنها المعيار الأساسي في الحكم على البنية التركيبية للجزيئات النانوية كمنفعة أو فاشلة ذلك لأن الخصائص المطلوبة من هذه الجزيئات والتطبيقات التي تُحضّر من أجلها تعتمد بشكل كبير على كيفية إعدادها، وهذا ما دفع بالعلماء إلى تطوير وسائل اصطناعية قابلة لتصنيع أنواع عديدة من الألياف النانوية .

وهنا تأتي أهمية الأمواج فوق الصوتية التي بينها سابقاً في السماح لأنواع متعددة من الجزيئات النانوية بالتفاعل على نطاق واسع .

وقد وُجد أن أنجح الطرق الصناعية لتشكيل جزيئات نانوية بمساعدة الأمواج فوق الصوتية هي:

1. الكيمياء الصوتية .

2. التحليل الحراري بالموجات فوق الصوتية .[67]

#### 4-9 الكيمياء الصوتية:

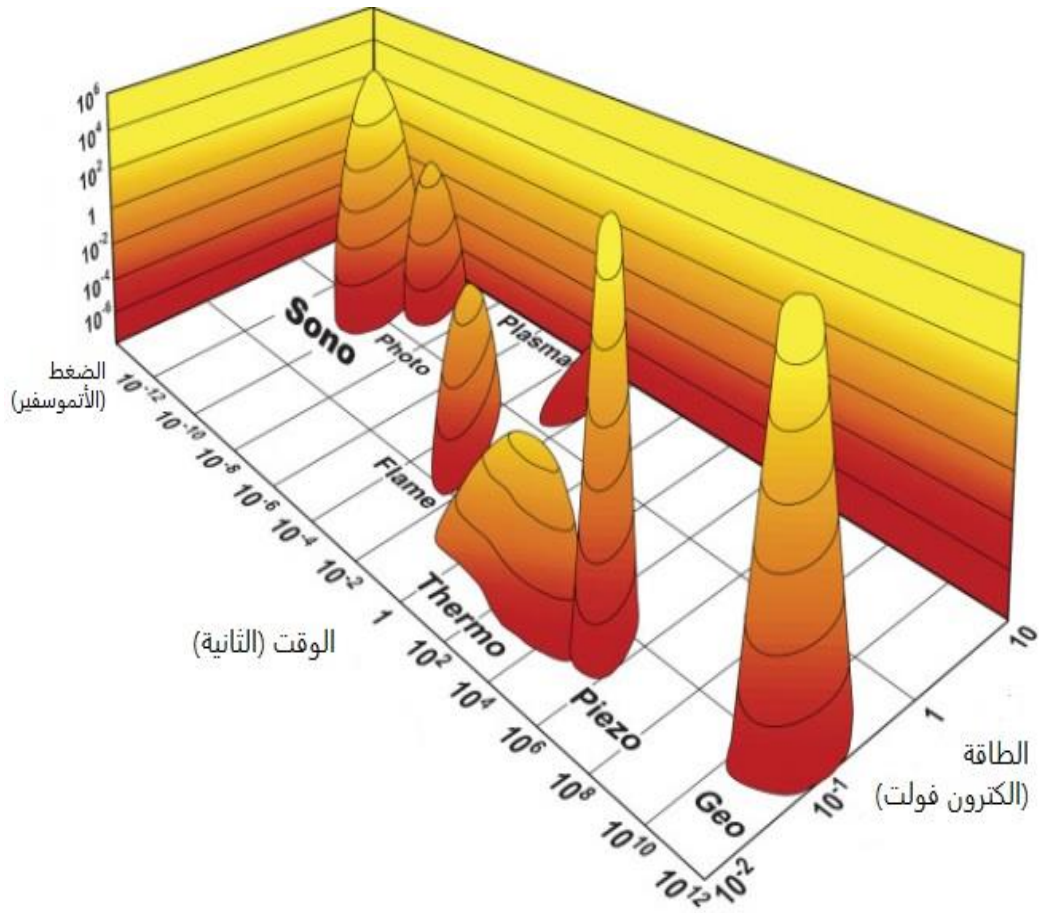
تعتمد الكيمياء الصوتية أو ما يدعى **Sonochemistry** على مفاهيم عدة منها التجويف الصوتي (**Acoustic Cavitation**) و التفاعل الكيميائي الصوتي للمواد ذات البنية النانوية وغيرها من المفاهيم، ويعتمد عليها بشكل واسع في تكنولوجيا النانو مما دفع المهتمين بهذه التكنولوجيا إلى الاهتمام بالكيمياء الصوتية وإعطائها حيزاً واسعاً في أبحاثهم في محاولة للوصول إلى أفضل و أعلى النتائج و سنعرض بشكل مختصر أهم الأبحاث في هذا المجال [67].

#### 4-9-1 التجويف الصوتي .

بالمقارنة بمصادر الطاقة التقليدية، التشعيع بواسطة الأمواج فوق الصوتية يسمح بظروف غير اعتيادية للتفاعل إلى حدٍ ما (مدة قصيرة يسمح فيها بمستويات عالية جداً من درجات الحرارة و الضغط في السائل ) وهذا ما لا يمكن الوصول إليه بالطرق الأخرى .

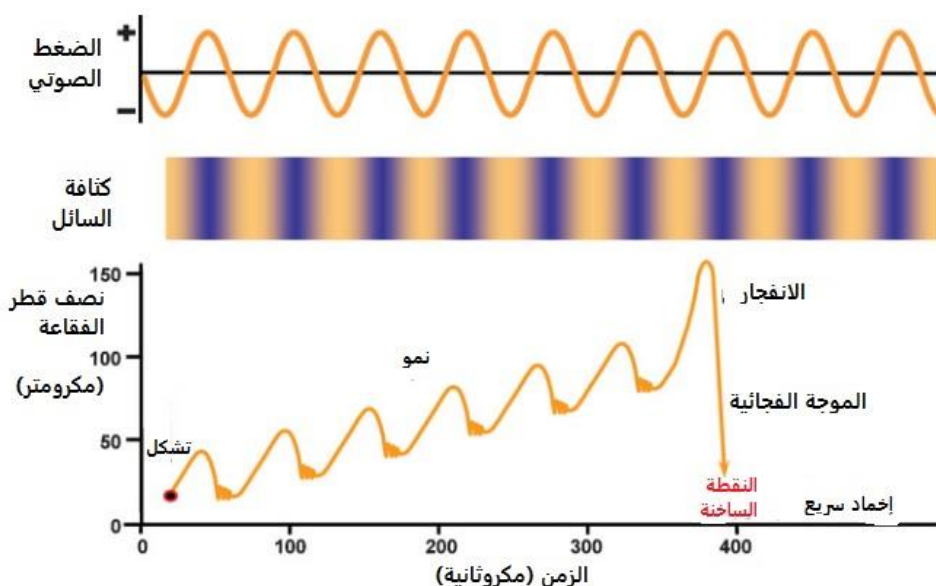
ترتكز الكيمياء على التفاعل ما بين المادة والطاقة والتفاعلات الكيميائية، والتي تحتاج إلى شكل من أشكال الطاقة مثل الحرارة والضوء والإشعاع والكهرباء وغيرها .

إن التحكم الدقيق بالتفاعل الكيميائي هو مفتاح نجاح البنية التركيبية للجزيئات النانوية ، ويتم هذا التحكم من خلال ضبط ومعايرة مدخلات التفاعل (الضغط ، درجة الحرارة ، الزمن ، الطاقة الداخلة ) وهذه المتغيرات قابلة للمعايرة بشكل محدود من خلال مصدر الطاقة المستخدم في التفاعل، كل نوع من الطاقة له مجال خاص بمتغيرات التفاعل تحدده بارامترات التفاعل نفسه كما هو موضح في الشكل (4-8) :



الشكل (4-8) المجالات الكيميائية كدوال للوقت و الضغط و الطاقة [67]

عندما تُشعّ السوائل بالأمواج فوق الصوتية فإن الموجات فوق الصوتية الواسعة والمضغوطة والمتناوبة تشكل فقاعات وتجعل هذه الفقاعات تتأرجح كما هو مبين في الشكل (4-9)، هذه الفقاعات المتأرجحة يمكن أن تراكم طاقة فوق صوتية فعّالة خلال نموها إلى حجم معين (عادة ما يكون عشرات الميكرومترات) وعند توافر الظروف المناسبة يمكن أن تنتضخ هذه الفقاعات ثم تنهار بعد ذلك مطلقةً الطاقة المخزنة فيها في وقت قصير جداً (بمعدلات تسخين و تبريد تصل إلى أعلى من  $10^{10}$  K/S). [67]



الشكل (4-9) الشكل التخطيطي للتجويف الصوتي العابر [67]

#### 2-9-4 التفاعل الكيميائي الصوتي للمواد ذات البنية النانوية.

1. **في المعادن :** الاختزال الكيميائي الصوتي لأملح المعادن النادرة له مزايا أكثر من طرق الاختزال التقليدية الأخرى حيث أنه لا يلزم عامل اختزال كيميائي فيها ومعدلات التفاعل تكون سريعة بشكل مقبول وتنتج جزيئات معادن صغيرة جداً كما أن التحلل الصوتي للماء يعتبر من ضمن الاختزالات الصوتية الكيميائية، بشكل خاص تنتج مركب الهيدروجين، الجذور تُستخدم لتفاعل كعوامل اختزال كالتالي :

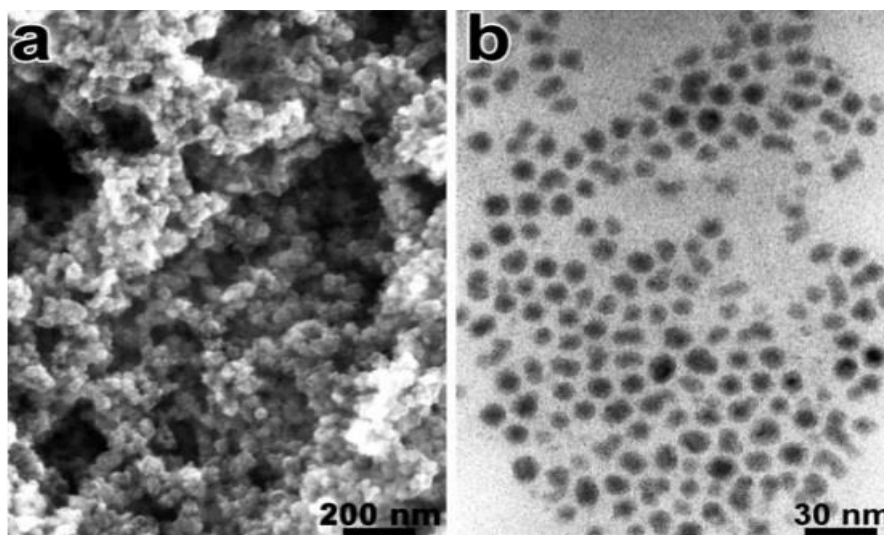


في كثير من الأحيان، الإضافات العضوية (مثل 2-البروبانول أو مخفضات التوتر السطحي ( تُضاف لإنتاج الأنواع الجذرية الثانوية .



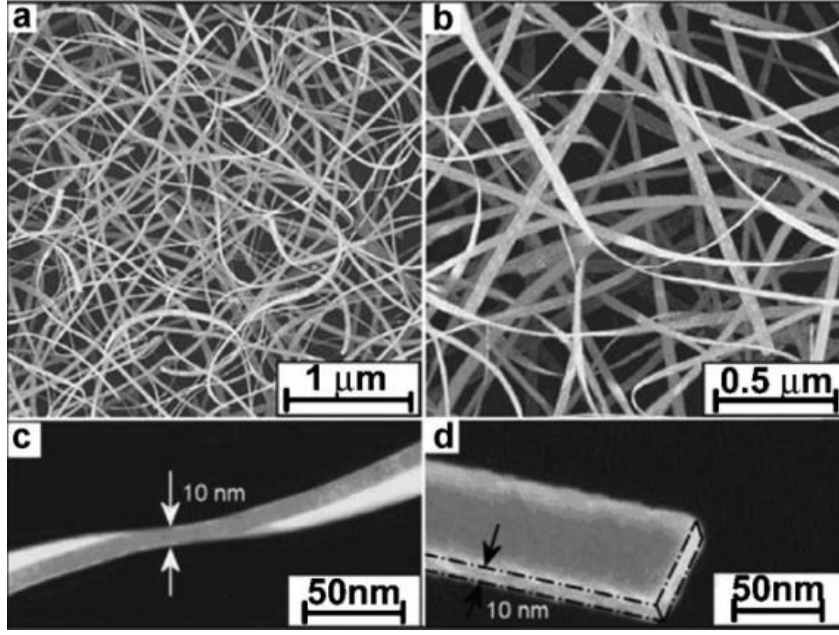
قام العلماء بإعداد محاليل غروية معدنية مختلفة بالطريقة الكيميائية الصوتية، ومن خلال هذه المحاليل تم إجراء دراسة منهجية على الاختزال الصوتي الكيميائي للكشف عن آلية الاختزال المعقد وفهم تأثير كل بارامتر على شكل وقياس وخواص الجزيئات الناتجة، وخرجوا بمجموعة من النتائج حول المواد التي تأثر بشكل طردي أو عكسي على حجم الجزيئات الناتجة.

المعادن ذات البنية النانوية تم تصنيعها لأول مرة من خلال محاليل غير مائية، حيث طور العلماء طرقاً جديدة لتحضير معدن الحديد غير المتبلور النانوي (13-4-a) والجزيئات النانوية للحديد الغروي (13-4-B) و قد وجد العلماء أن الجسيمات النانوية للحديد الغروي المحضر كيميائياً تظهر توزيعات محدودة الحجم تتمحور حول (8nm) وتكون ذات صفة مغناطيسية قوية. [68]



الشكل (10-4) بنية كل من الحديد النانوي غير المصهور و الجزيئات النانوية الحديدية الغروية [68]

وفي دراسة مشابهة عن طريق التشعيع فوق الصوتي لمحلول مائي ل  $\text{HAuCl}_4$  حاوٍ على جزيئات (a-D-glucose) تم إنتاج أشرطة نانوية من الذهب بعرض يتراوح بين (30-50nm) الموضحة في الشكل (11-4) .



الشكل (4-11) صور مجهرية دقيقة لأشرطة من معدن الذهب معدة بالتقنية الصوتية الكيميائية [68]

2. **في أكاسيد المعادن:** تم تحضير عدد لا يحصى من أكاسيد المعادن بواسطة التقنيات الكيميائية الصوتية وقد وُجد أن التشعيع بواسطة الأمواج فوق الصوتية يعزز بشكل كبير من معدل التحلل الكيميائي و يمكن للموجات المفاجئة التي تحدث أن تثير تغيرات شكلية غير اعتيادية في أكاسيد المعادن .

وأظهرت الطريقة مزايا عن الطريقة التقليدية اعترف بها العديد من العلماء تتضمن توزع موحد في الحجم ومساحة سطح أعلى وسرعة ردود أفعال أعلى وتحسين جودة العملية .وهناك الكثير من المواد ذات البنية النانوية التي تمت دراسة الكيمياء الصوتية عليها .

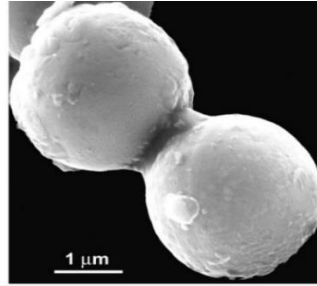
2. **في الكربونات :** تقدم الكيمياء الصوتية طريقة اصطناعية بديلة لإعداد أنواع مختلفة من المواد الكربونية ذات البنية النانوية، بينما تتطلب الطرق التقليدية ظروفاً قاسية للحصول على هيكل الجزيء النانوي الكربوني كما يمكن أن تؤدي الأمواج فوق الصوتية إلى تغيرات شديدة وواضحة في المواد الكربونية التي تم تركيبها مسبقاً .

بالإضافة إلى تأثيرها الإيجابي على البوليمرات العضوية حيث أنه بفضلها يمكن لبلورة المستحلبات أن يكون لها ميزات عديدة عن تلك التي تبدأ تقليدياً بفعل حراري أو كيميائي يمكن تلخيصها بالتالي:

- سهولة إنتاج جسيمات بحجم النانو متر .
- توتر سطحي أقل .
- إمكانية التفاعل بدرجة حرارة الغرفة.[68]

#### 4-9-3 الآثار الفيزيائية للأمواج فوق الصوتية على الجزيئات تحت تأثير الكيمياء الصوتية.

الآثار الفيزيائية للموجات فوق الصوتية هي المسؤولة بشكل رئيسي عن التأثيرات غير العادية مثل الاصطدامات بين الجزيئات ذات السرعة العالية وتفتيت المواد الصلبة كما أن تطبيق الأمواج فوق الصوتية عالية الكثافة يؤدي إلى تخفيض نقطة الانصهار في الجسيمات المعدنية وبشكل سريع كفاية للوصول إلى ذوبان فعال عند نقطة التأثير.



الشكل(4-12) صورة لارتباط تشكل بسبب التصادم السريع بين جزيئتي زنك تحت تأثير الأمواج فوق الصوتية[68]

#### 4-10 أهمية الأمواج فوق الصوتية في كيمياء النانو:

كيميائياً هناك إمكانية لتطبيق الأمواج فوق الصوتية في تركيب المواد النانوية، والصيغ النانوية للمركبات الكيميائية، بالإضافة إلى إنتاج المركبات النانوية التي تحتوي على معادن العناصر والسبائك وأشكال النانو الكربونية وأكاسيد المعادن والأملاح ومركبات التنسيق و البوليمرات.

كذلك للحصول على مستحلبات نانوية و "Nano Jell" يمكن تحضير المحفزات النانوية أو العمل بشكل أكثر نشاطاً في ظروف الإشعاع بالموجات فوق الصوتية ، كما يتم استخدام المواد النانوية المعدة بالموجات فوق الصوتية لعلاج الأورام وأغراض توصيل الدواء.

في السنوات الأخيرة، تمت مراجعة العديد من تطبيقات الأمواج فوق الصوتية ذات الصلة بالتكنولوجيا النانوية وتم تسليط الضوء على بعض طرق تحضير المواد النانوية ، التي تشمل على الترسيب بالأمواج فوق الصوتية والتفكك الحراري والاختزال بالأمواج فوق الصوتية والكيمياء الكهروضوئية في استخدام الموجات فوق الصوتية للحصول على المواد الكربونية التقليدية وتشغيلها (مثل الكربون الأسود والكربون المنشط) والأصباغ والممترات، والمكونات المركبة على أساسها والأنابيب النانوية الكربونية.

في حالات المجالات الطبية والطبية الحيوية والمجالات ذات الصلة، تم تلخيص التقنيات الجديدة التي جمعت بين استخدام الجسيمات النانوية مع القدرة الصوتية في كل من توصيل الأدوية والجينات وقد لوحظ أن توصيل الأدوية والجينات بالأمواج فوق الصوتية من الناقلات النانوية له إمكانيات هائلة بسبب مجموعة متنوعة من الجينات التي يمكن توصيلها إلى الأنسجة المستهدفة بوسائل غير جراحية إلى حد ما.

المواد النانوية ولا سيما تلك التي تم الحصول عليها باستخدام الموجات فوق الصوتية، لها خصائص غير عادية يمكن استغلالها في العديد من التطبيقات مثل التحسس البيولوجي والالكترونيات والتشخيص.

يمكن أن تعمل الموجات فوق الصوتية أيضاً كمحفز يحرض على تليين السوائل العضوية بمستحلبات منخفضة الوزن الجزيئي وتشكل مستحلبات دقيقة وناوية خاصة في مستحضرات التجميل والأدوية.[69]

#### 4-11 معالجة النسيج بالأمواج فوق الصوتية:

في السنوات الأخيرة اضطرت صناعة النسيج لتطوير تقنيات جديدة للحد من استهلاك الطاقة والمياه وبعد استخدام الأمواج فوق الصوتية في معالجة النسيج الرطب أحد الحلول لهذه المشكلة حيث تم دراسة آثار الطاقة فوق الصوتية لمعالجة القطن باستخدام المطريات ومنها المطريات الكاتيونية التي بواسطة شحنتها الموجبة تجذب الألياف ذات الشحنة السالبة وينتج عن ذلك تطرية ممتازة، وتبعاً لذلك يكون أثر التطرية المتشكل أكثر ثباتاً تجاه الغسيل منه في حالة المطريات الأنيونية وغير الأيونية التي تكون أقل جاذبية تجاه النسيج حيث تشكل نهايات مشحونة سلبياً، تتنافر مع الألياف ذات الشحنة السالبة وبالتالي يسبب ذلك

نعومة رديئة وقدرة امتصاص منخفضة، وإن اهتزاز الأمواج فوق الصوتية هو طريقة فعالة لتحسين كفاءة انجذاب المطريات غير الأيونية إلى النسيج القطني، وتكمن أهمية المعالجة بالأمواج في تحسين كفاءة عملية الصباغة وعمليات المعالجة و تقليل كمية المياه والمواد اللازمة ودرجات الحرارة وتوفير الطاقة مقارنةً مع طرائق المعالجة التقليدية.

بالنسبة لأكسدة الأنزيمات من خلال الموجات فوق الصوتية يكون بتوريد طاقة مخفضة من الموجات فوق الصوتية ( 7watt ) إلى الأنزيم خلال زمن 30 دقيقة مما يسبب أكسدة الأنزيم وبالتالي إزالة المواد الملونة من القطن ومن المعلوم أن عملية التبييض باستخدام بيروكسيد الهيدروجين باستخدام طرق المعالجة التقليدية من الخطوات الهامة في المعالجات الرطبة إلا أن لديها بعض المشاكل مثل الوقت الطويل والاستهلاك المرتفع للطاقة وهنا تكمن أهمية استخدام الأمواج فوق الصوتية كطريقة بديلة للمعالجات التقليدية كما تؤثر عملية المرسزة بالأمواج فوق الصوتية على الخصائص الفيزيائية للمواد السيللوزية بما في ذلك امتصاص الصبغة والماء وكذلك تقلل من خطر التفاوت في المعالجات اللاحقة وكما تمتاز عملية الصباغة للألياف الطبيعية والصناعية باستخدام الأمواج فوق الصوتية عن الصباغة التقليدية أنها اقتصادية في استهلاك الصباغة وكما تعزز توزع الصباغ بشكل منتظم إضافة لذلك تسرع من نقل كمية من مادة المعالجة وذلك بفضل التحفيز الميكانيكي لجهاز الأمواج فوق الصوتية مما يساعد على توفير أكثر من 20 % من المياه واستهلاك الطاقة يعتمد تخليق الجسيمات النانوية على أسطح النسيج على قوة الإشعاع بالموجات فوق صوتية أما بالنسبة لإزالة لون مياه الصرف تسرع الأمواج فوق الصوتية تفكك المواد العضوية والنفايات الموجودة في مياه الصرف الصحي من خلال التذبذبات الناتجة عن استخدامها، وكما تساعد تكنولوجيا الموجات فوق الصوتية في تكثيف ظاهرة الانتشار لمادة التطرية في النسيج القطني وذلك يكون بفضل ظاهرة تكوين وانهيار الفقاعة (المعروف باسم التجويف) بالمقارنة مع طرق المعالجة التقليدية كما يمكن تضمين الجسيمات النانوية في المواد النسيجية تحت تأثير المجال الصوتي لجهاز الأمواج فوق الصوتية كما له أثر في ظاهرة الانتشار والتكثف لمواد المعالجة المطبقة على الركيزة النسيجية.

من العوامل الهامة التي تتوقف عليها المعالجة باستخدام جهاز الامواج فوق الصوتية هي:

- حجم الأمواج

- مستوى ضغط الصوت

- درجة حرارة الحمام [69]

#### 4-12 مستقبل استخدام الأمواج فوق الصوتية لدعم تكنولوجيا النانو.

تم اكتشاف مجموعة متنوعة من تطبيقات استخدام الأمواج فوق الصوتية في الحصول على الألياف النانوية تتضمن التفاعلات الكيميائية الصوتية والتفكك الحراري في الأمواج فوق الصوتية، يوفر التشعيع باستخدام الأمواج فوق الصوتية ظروفاً فريدة لا يمكن الوصول لها عادةً، يمكن للفقاعات المتولدة أثناء التأثير بالأمواج فوق الصوتية أن تراكم الطاقة داخلها وعند انهيارها يتم إطلاق تركيز هائل من الطاقة يستخدم في تسخين محتويات الفقاعة ، هذه النقاط في الفقاعة ذات درجة الحرارة العالية والضغط العالي هي المسؤول الأول عن الآثار الكيميائية المترتبة عند استخدام الأمواج فوق الصوتية ، ذلك فالتطورات القادمة ستركز على هذه النقطة ومن خلال التحكم بظروف التفاعل وتحقيق أقصى فائدة ممكنة عن طريق الاستغلال الأمثل لهذه الظروف.

ويمكننا أن نصل إلى أشكال مختلفة من السبائك والمعادن والأكاسيد الكبريتيدات وغيرها من الجزيئات ذات البنية النانوية، وقد تم تطوير الطريقة الكيميائية الصوتية لتستطيع إعداد الكربونات والبوليمرات والمواد الحيوية.

التطبيقات التي تعتمد على استخدام الأمواج فوق الصوتية في بنية الجزيئات عديدة ومتنوعة ومؤثرة في جميع المجالات، ولا زال هناك الكثير لاكتشافه في مجال الكيمياء الصوتية ولكن هناك بعض التحديات التي تواجه هذا المجال منها:

صعوبة إتاحة الأجهزة المخبرية اللازمة تجارياً، المعدات الكبيرة بالحجم لا تزال تسبب عائق أمام انتشار الأبحاث، لا يزال اقتران الأمواج فوق الصوتية بالكيمياء مجالاً غير مربحاً كفاية للمستثمرين.

وبالتالي سيبقى مستقبل هذا المجال مرهوناً على التخلص من هذه التحديات ومرتكزاً على القدرة على السيطرة الممنهجة على متغيرات التفاعل وإيجاد الباحثين لطرق أو معدات تسهم في هذه السيطرة. [69]

**الفصل الخامس : قواعد الصحة  
والسلامة والأمن البيئي من  
المعالجة النهائية بالنانو**

## الفصل الخامس :قواعد الصحة والسلامة والأمن البيئي من المعالجة النهائية بالنانو

### 5-1 مقدمة

ضمن الاتجاه التدريجي في المعالجة النهائية للمنسوجات من خلال المواد الكيميائية وطرق تحضيرها وتقنيات التطبيق والقضايا الصحية والبيئية ، فقد أدى استخدام مواد جديدة وتطوير إجراءات التحضير إلى تقدم المعالجات النهائية بحيث تم ربط العوامل المستخدمة في المعالجة بأدنى حد من الآثار الضارة بالبيئة بالنسبة لمعالجات تأخير اللهب من خلال استبدال المركبات القائمة على الهالوجين بالمواد الكيميائية المحتوية على الفوسفور والنيتروجين فبعد إدخال تكنولوجيا النانو في المعالجة النهائية النانوية للمنسوجات تم تطوير طرق إعداد المواد الكيميائية وتطبيقها فالمعالجة باستخدام تقنية النانو قللت من استهلاك الكثير من المواد الكيميائية والتي بدورها أدت إلى آثار إلى آثار اقتصادية إيجابية، وللتحقق من المخاطر التي تتطوي عليها المعالجة النهائية للمنسوجات لا بد من معرفة شاملة لدورة حياة المنتج والتي تشمل الخصائص الأساسية لإنتاج المواد النانوية والتطبيقات المستخدمة في تحميل الجسيمات النانوية على الركائز النسيجية وإدراج هذه الجسيمات في عملية تشكيل الألياف وقوة تحمل الجسيمات النانوية على السطح كذلك نقل /تخزين المنسوجات والاستخدام النهائي للمنتج الذي يتعلق بالظروف التي يتعرض لها المنتج مثل الكي والحرارة والضغط والتوصيف الشامل للمنتج كتركيبه الكيميائي -حجم الجسيمات المسامية - الشكل -الاستقرار -الميل إلى التجمع .

### 5-2 الاهتمامات البيئية

كان هناك بعض التحذيرات بشأن المخاطر البيئية للمواد النانوية وذلك لأن المواد النانوية شديدة التفاعل مع المواد الأخرى إلا أن رد فعل الجسيمات النانوية مع المركبات الأخرى يجعلها أقل سمية فإذا حدث تكتل أو تجمع للجسيمات النانوية فعندها من الممكن إزالتها من مياه الصرف الصحي الناتجة عن الترسيب أو طرق الترشيح بالرغم من أن الوقاية من إطلاق الجسيمات النانوية لم يكن مثبتاً بعد. [70]

يمكن حل بعض المواد النانوية بحيث لا تسبب أي تأثير بالبيئة بينما تحوي المحاليل الأخرى على المعادن شديدة السمية للبيئة، أن طريقة الفصل المغناطيسي التي نشأت من إنتاج المواد المغناطيسية وتطبيقها على منسوجات طورت يعود ذلك



لتكلفتها المنخفضة في إزالة الجسيمات النانوية من مخلفات الصرف الصحي.

[70]

### 3-5 مخاوف على الصحة البشرية

يمكن تحرير المواد النانوية من المنسوجات المعالجة بالنانو خلال أي مرحلة من مراحل المعالجة إلا أن الجسيمات النانوية مع أقل استقرار تشكل تكتل أو تجمع كبير مما يجعل من إمكانية دخولها إلى الجسم أقل حيث أن المساحات العالية من المواد النانوية تجعل الجسيمات النانوية كناقلات للمواد الصديقة للبيئة . 71

## الفصل السادس :دراسة المرجعية



### الفصل السادس : دراسة المرجعية

في عام 2009، قام كلاً من Mazeryar parvinzadeh وآخرون بدراسة تأثير المعالجة بالتطرية باستخدام الأمواج فوق الصوتية على الخصائص الميكانيكية للأقمشة القطنية فأظهرت النتائج أن المعالجة بالأمواج فوق الصوتية حققت أفضل الخصائص الميكانيكية بالمقارنة مع طريقة المعالجة التقليدية [72]

في عام 2010، قام كلاً Nihat ÇELİK & Züleyha DEĞİRMENC وآخرون بدراسة تأثير المطري النانوي السيلكوني على ثبات اللون في أقمشة التريكو حيث تم اختبار ثباتها بعد استخدام المطري أبدت ثباتية عالية جداً. [73]

في عام 2010، قاموا Dpchattopadhyay & DDVya وآخرون بدراسة قدرة مستحلب السيلكون النانوي المحضر بطريقة الاستحلاب على اختراق النسيج بالمقارنة مع مستحلبات السيلكون التقليدية فكانت نتيجة الدراسة أن مستحلب السيلكون النانوي حقق اختراق أفضل بالمقارنة مع مستحلبات السيلكون التقليدية. [74]

في عام 2012، قام MS. A. BEGUM بمقارنة التأثير المختلف من التطرية تبعاً لحجم جزيئات مستحلب النانو (النانو والميكرو) فتبين أن جزيئات النانو تعطي خصائص أفضل في النعومة وثبات اللون. [75]

في عام 2012، قام كلا من A.K. Roy Choudhury وآخرون بتصنيف المطريات السيليكونية إلى مستحلبات ماكروية (حليبي، حجم الجسيمات 300-150 nm) ونصف ميكروية (ضبابي، حجم الجسيمات 80-120nm) وميكروية (أقل من 40nm) وبعد المعالجة بالأنواع السابقة الذكر من المستحلبات تبين أن المستحلبات النانوية أعطت أثر تطرية كبير جداً إضافة إلى عدم تأثيرها على البياض. [56]

في عام 2013، قام كلا من K.P.Tang وآخرون بدراسة تأثير تشابك نسيج منسوج بنسيج جاف وهذا النسيج معالج بالمستحلب النانوي السيلكوني تبين أنه أعطى نتائج أفضل بالنعومة وامتصاص ممتاز للماء وقوة مقبولة. [76]

في عام 2013، قام كلاً Dr. S. K. Chitanrhl وآخرون بدراسة تأثير السيلكون الهيدروفيلي (Silkofeel HP 678) إضافة للتطرية على خواص نفوذية الهواء وامتصاصية الماء وقابلية الانحناء، فقد حققت أفضل النتائج من حيث تخفيض زمن امتصاص الماء وانخفاض نفاذية الهواء أيضاً. [77]

في عام 2014، قام كلاً Dr. Nashwa Mostafa Hafez وآخرون بالتطرق إلى الجمع بين جسيمات الفضة النانوية والمواد المستخدمة في المعالجة بالتطرية الذي ساعد على التعديل في أسطح الأقمشة لتحقيق الأثر المرغوب بالنعومة. [78]

في عام 2015، قام كلا من A. El-Shafei وآخرون بدراسة ثبات الجسيمات النانوية في شكلها النانوي وفعالية SiME/AgNPs كمنعم للأقمشة القطنية تبين أنها حققت أفضل ثباتية وأعطت القماش أفضل انسدادية كما ازدادت مقاومة القماش لامتصاص الماء. [79]

في عام 2015، قام كلاً Gokarnesha وآخرون بدراسة قدرة السيلكون النانوي على تحسين التلين الذي يعود إلى حجم القطرة الصغيرة من مستحلب النانو التي يمكن أن تخترق بنية النسيج بشكل أفضل بالمقارنة مع قطرات مستحلب السيلكون العادي. [80]

في عام 2016، قام كلاً من Prof. Dr. Mehmet وآخرون بدراسة تأثير مستحلبات السيلكون النانوية على الخصائص الميكانيكية للأقمشة القطنية حيث نتج عن استخدامها زيادة في مقاومة التجعد والاحتكاك والتمزق إضافة لثباتيتها اتجاه الغسيل المتكرر ومقاومة للتعرق. [94]

في عام 2017، قام كلاً من M.M.Hashem وآخرون بمزج مطري كاتيوني مع جسيمات  $TiO_2$  النانوية لإضفاء خاصية الليونة إضافة إلى التنظيف الذاتي. [82]

في عام 2018، قام كلاً MAJID MONTAZER وآخرون بتقييم تأثيرات الاهتزاز الناتج عن الأمواج فوق الصوتية الذي ساعد على تحقيق الاستحلاب وتخليق جسيمات السيلكون النانوية على سطح النسيج. [83]

في عام 2018 ،قام PhD Alaa Arafa Badr بدراسة أنواع عديدة من المطريات السلكونية ومقارنة تأثيرها على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة المنسوجة حيث أبدا مطري ثنائي ميثيل السيلوكسان أفضل الخصائص من حيث الترطيب ومقاومة الاصفرار . [84]

في عام 2018،قام كلا من Shirin Nourbakhsh وآخرون بدراسة تأثير استخدام تراكيز مختلفة من مستحلبات السيلكون النانوية فتبين من خلال هذه الدراسة أنه بازدياد تركيز المادة المطرية تنخفض قدرة القماش على صد الماء.[85]

في عام 2018 ،قام كلا من André Eliezer Polloni وآخرون بتقييم تأثيرات الموجات فوق الصوتية ودرجة الحرارة المطبقة على البلمرة بواسطة مطياف فورييه للأشعة تحت الحمراء تبين أن درجات حرارة التفاعل المختلفة في النطاق بين 50 درجة مئوية و 80 درجة مئوية تؤثر بشكل مباشر على الوزن الجزيئي للبولىمير.[86]

في عام 2019 ، قام كلاً Greeshma Nair وآخرون بدراسة تأثير المطريات السلكونية التي تضاف خلال عمليات الغسيل والتي تتداخل مع المنظفات في عملية التطهير إضافة للتلين أنها مطريات مضادة لتشكيل الرغوة و صديقة للبيئة.[87]



## الفصل السابع: القسم العملي





## 7-1 المواد المستخدمة

1. قماش قطني خام مبيض وزن المتر المربع (134g/m<sup>2</sup>) تركيب النسيجي مبرد (1/2) .

2. المادة المطرية بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان (مادة فعالة سطحياً تساعد في تشكيل مستحلب) .

3. ماء مقطر مذيب للبوليمير .

## 7-2 إجراء التجارب

7-2-1 تحضير المستحلب النانوي من بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان (السائل):

تم تحضير التراكيز التالية (5-10-15-20-25-30-35-40-45) gr/L باستخدام الخلط الميكانيكي حيث تستمر عملية الخلط مع الحفاظ على درجة الحرارة C° 85 لمدة 30 دقيقة.



الشكل (7-1) تحضير المستحلب النانوي بالخلط الميكانيكي بسرعة 4000 rpm في مخبر كيمياء النسيج

### 2-2-7 تطبيق المعالجة بالغمر التقليدي

تم غمر العينات بمستحلب PDMS المحضر ضمن مجال من التراكيز  $5-45\text{ gr/L}$  [بنسبة حوض (1:40)] إبقاء العينات القطنية مغمورة بالمستحلب حتى وصول درجة الحرارة إلى  $90^{\circ}\text{C}$  لمدة 30min ومن ثم شطف العينات بالماء وتجفيفها بالهواء عند درجة حرارة الغرفة. فعند فحص العينات بالمجهر الضوئي في مخبر كيمياء النسيج لوحظ وجود نقاط سوداء في العينات المعالجة وهذا دليل قوي على إمكانية تشكل جسيمات نانوية. [88]



الشكل (2-7) معالجة القماش القطني بالغمر التقليدي في مخبر كيمياء النسيج

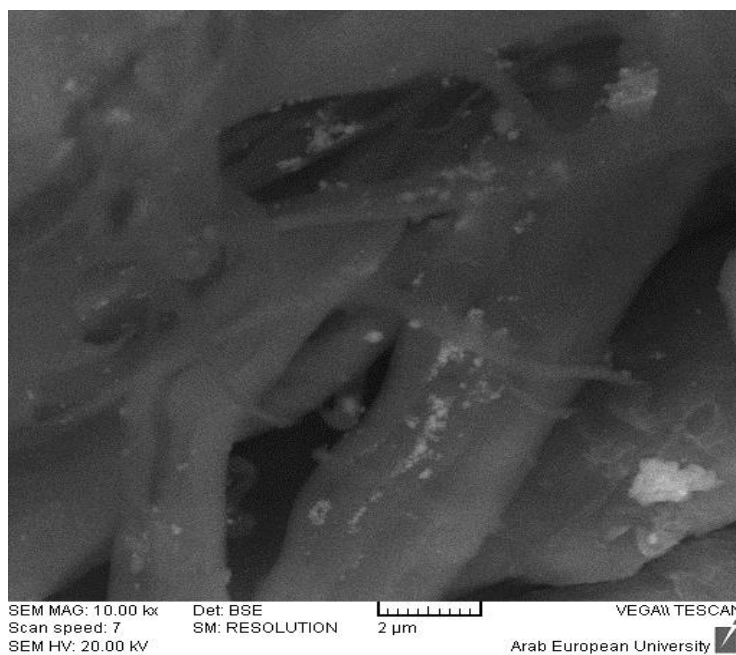
#### 7-2-2-1 التحليل باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح

يتم تحديد الجسيمات النانوية التي تم الحصول عليها بواسطة مجهر المسح الإلكتروني SEM المبين في الشكل (7-3) حيث تتمثل فكرة تشغيل جهاز المجهر الإلكتروني في استخدام حزمة من الإلكترونات عالية الطاقة ذات أطوال موجية قصيرة جداً تتصادم عمودياً على سطح العينة ثم يتم تجميع الإشارات المنعكسة من العينة باستخدام كاشف ثم معالجتها لإصدار الصور.

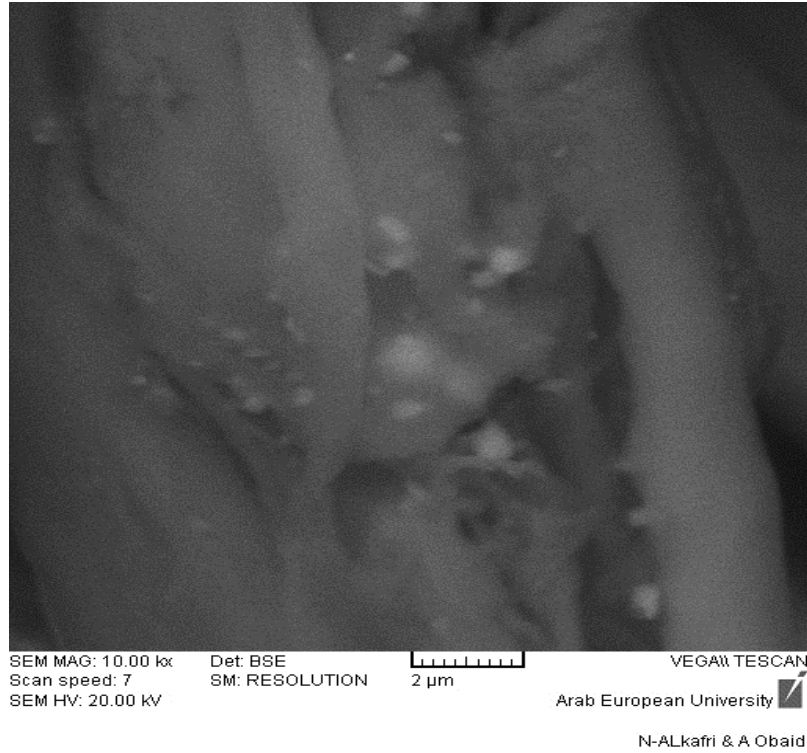


الشكل (7-3) جهاز المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) في هيئة الطاقة الذرية

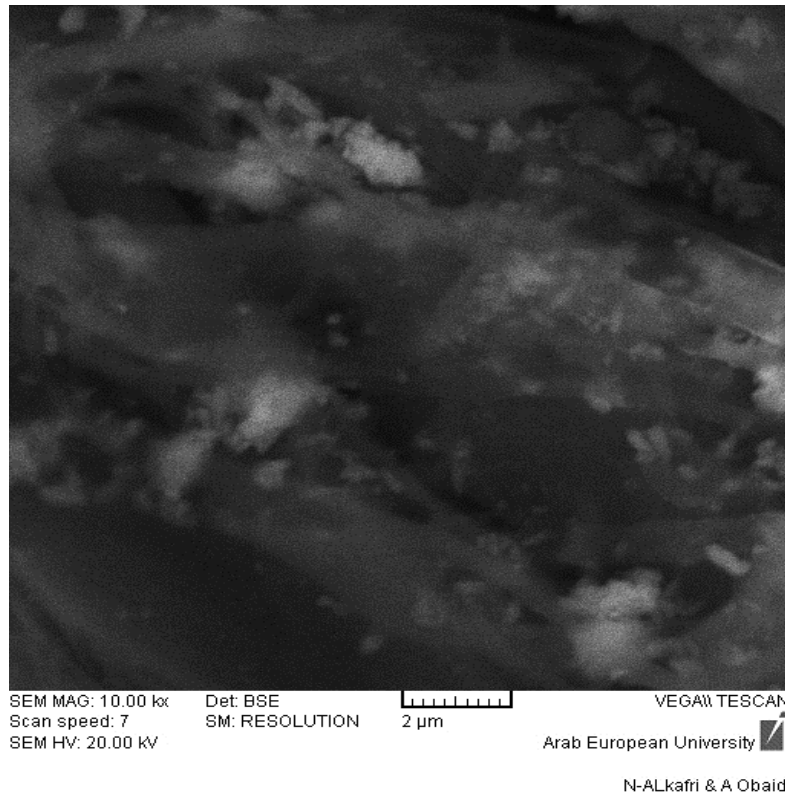
#### 7-2-2-2 نتائج التحليل باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح



الشكل (7-4) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند تركيز 5g/L



الشكل (5-7) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند تركيز 20 g/L



الشكل (6-7) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند تركيز 25g /L

### 7-2-3 تطبيق المعالجة بالأمواج فوق الصوتية

تم غمر العينات بمستحلب PDMS النانوي خلال الأزمنة التالية (30-60-90-120) min بنسبة حوض (1:40) ومن ثم تم شطف العينات بالماء وتجفيفها بالهواء عند درجة حرارة الغرفة .



الشكل (7-7) معالجة القماش القطني بجهاز الأمواج فوق الصوتية

### 7-3 الاختبارات للعينات المعالجة PDMS النانوي بطريقة الغمر التقليدي وبطريقة الأمواج فوق الصوتية

#### 7-3-1 اختبار الصلابة

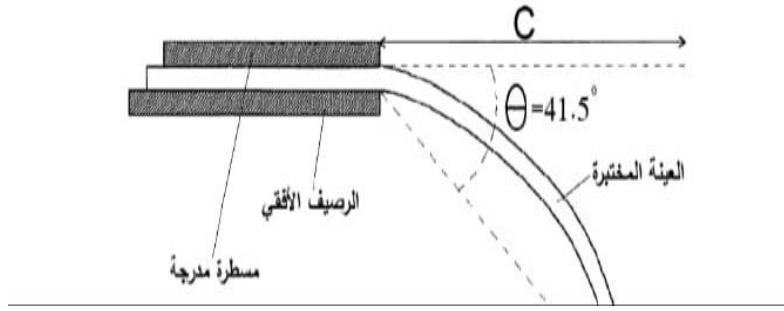
وفق المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM1388) يتم فيه حساب ثابت الصلابة بالعلاقة التالية:

$$G = K \times C^3 \times W$$

G: صلابة القماش (g×m)، c: طول الشني (m).

W: وزن المتر المربع  $\frac{g}{m^2}$  ، k: ثابت ،

$$k = \frac{\cos \frac{1}{2}}{8 \tan \phi}$$



الشكل (7-8) طريقة اختبار الصلابة [89]

### 2-3-7 اختبار مقاومة العينات المعالجة للتمزق

والذي يتم من خلال جهاز ( Elmatear (Digital Tear Tester) الموضح في الشكل وفق المواصفة القياسية ASTM D1922 - بلد المنشأ إنكلترا.

بداية تم أخذ عينة غير معالجة بأبعاد المناسبة (6.3cm × 10cm) للجهاز وقص العينة بمقدار 1cm عند وضع العينة بين فكي الجهاز قيمة التمزق التي حصلنا عليها هي 7.18N وهي القيمة التي تبين أي وزن سيتم اختياره عند إجراء الاختبار على العينات المعالجة .



الشكل (7-9) جهاز قياس مقاومة التمزق ASTM D1922 في مخبر الصباغة

### 7-3-3 اختبار مقاومة العينات المعالجة للاحتكاك:

والذي يتم من خلال جهاز مارتندل وفق المواصفة القياسية ISO12947-1 بلـ  
المنشأ SALO-ITALY حيث يتم فيه قص العينات بشكل دائري ومن ثم وزن  
العينة المعالجة قبل الاختبار ووزنها بعد الاختبار

نسبة نقصان الوزن بالحت تحسب بالعلاقة التالية:

$$\frac{w2 - w1}{w1} \times 100\%$$

W2: وزن العينة المعالجة بعد إجراء الاختبار

W1: وزن العينة المعالجة قبل إجراء الاختبار

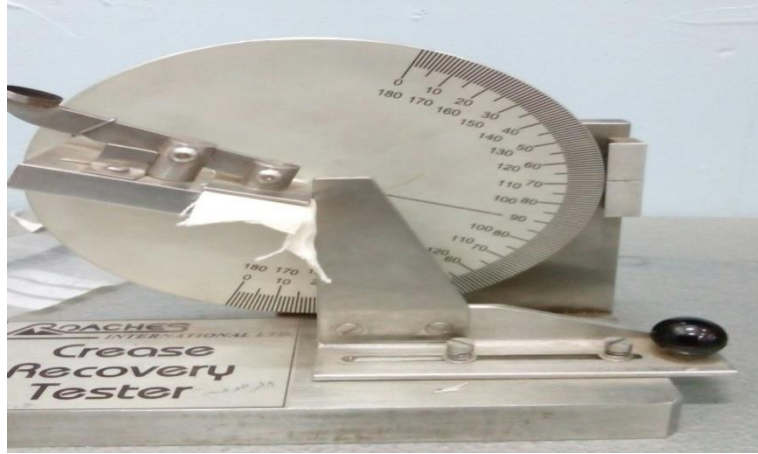


الشكل (7-10) جهاز قياس مقاومة الاحتكاك ISO 12947-1 في مخبر النسيج

### 7-3-4 اختبار مقاومة التجعد:

يتم من خلال جهاز **Crease recovery tester** , وفق المواصفة القياسية **ISO 2313**  
حيث يتم فيه تطبيق وزن على عينة قطن لمدة ثلث ساعة بعد طيها وبعد مرور ثلث ساعة  
يتم وضع العينة من مكان ثنيها على حافة الدولاب الدوار الذي عليه تدريجات الزوايا ومن  
ثم يتم قياس زاوية استعادة الثنية





الشكل (7-11) جهاز قياس زاوية التجعد في مخبر النسيج

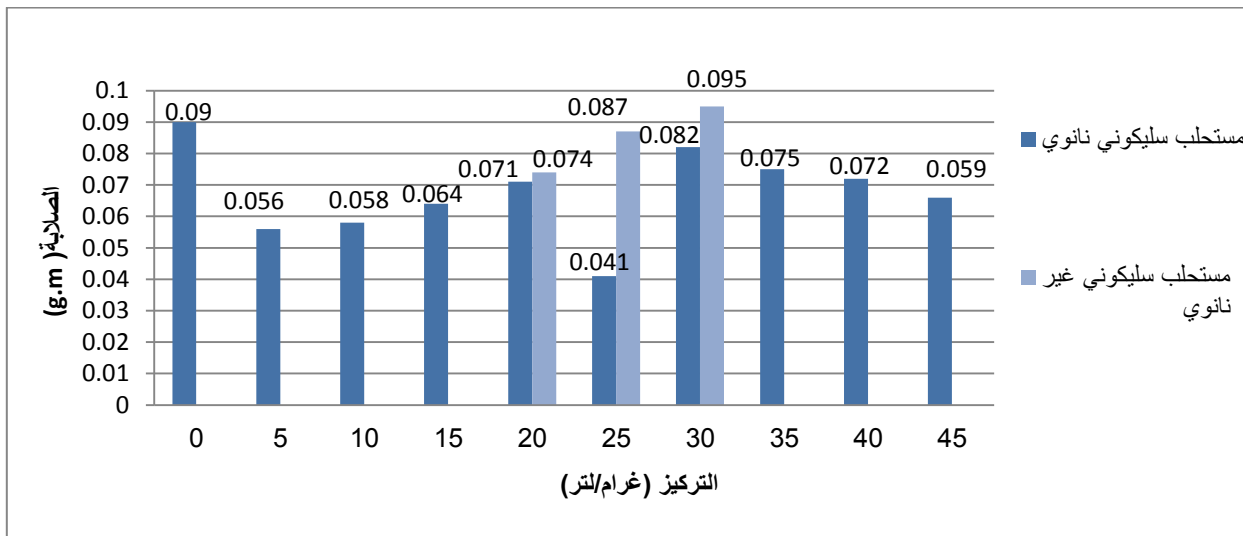
### 7-3-5 اختبار الترطيب:

يتم هذا الإختبار من خلال أخذ قطعتين من القماش القطني بأبعاد 3×3 cm إحدى القطعتين معالجة والأخرى غير معالجة ومن ثم يتم ملأ بيشيرين 50 ml بالماء وبعد ذلك يتم غمر القطعتين في البيشيرين مع مراقبة زمن الغرق للعينتين حيث كلما كان زمن الغرق قصير كلما كان الترطيب أفضل.

### 7-4 النتائج والمناقشة

#### 7-4-1 نتائج الاختبارات للعينات المعالجة ب PDMS النانوي بطريقة الغمر التقليدي

##### 7-4-1-1 نتائج اختبار الصلابة



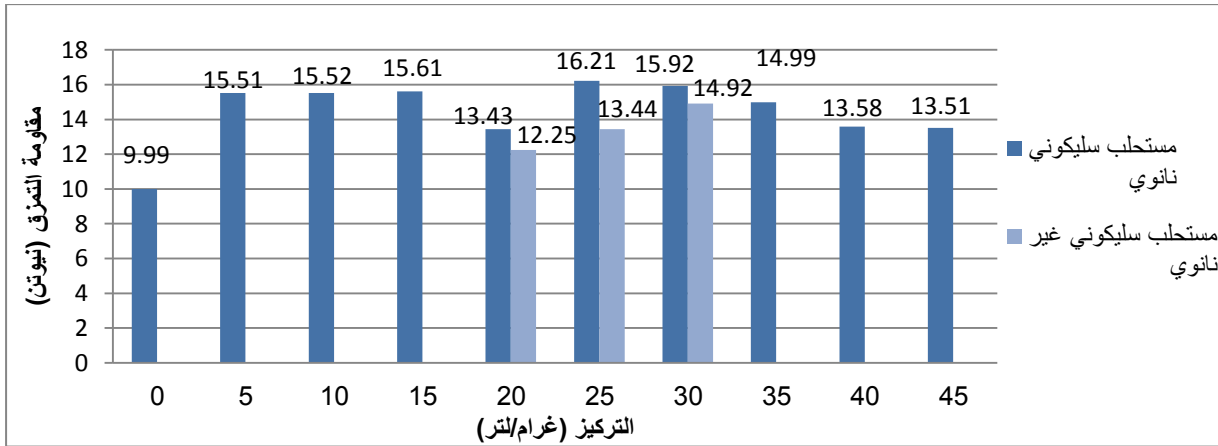
الشكل (7-12) مخطط تغير الصلابة بالعلاقة مع تغير تركيز (PDMS)

نلاحظ من الشكل (7-12) أن:

- ✓ أبدت العينة المعالجة بـ (PDMS) النانوي عند تركيز (25 g/L) أدنى قيمة من ثابت الصلابة بالمقارنة مع العينات المعالجة عند التراكيز النانوية الأخرى وبالتالي حققت العينة المعالجة بهذا التركيز أفضل انسدادية.
- ✓ نلاحظ من المخطط أن صلابة القماش تزداد بازدياد التراكيز وبالتالي الانسدادية تنخفض مع زيادة التراكيز .

- ✓ حققت العينات المعالجة بـ (PDMS) النانوي بالتراكيز (30-25-20 g/L) صلابة أقل من العينات المعالجة (PDMS) الغير نانوي بالتراكيز (30-25-20 g/L) وبالتالي العينات المعالجة بالتراكيز النانوية حققت انسدادية أعلى بالمقارنة مع العينات المعالجة بالتراكيز الغير نانوية وذلك لأن المادة النانوية كونها صغيرة لا تكسب النسيج صلابة وبالتالي لا تؤثر على التطرية لذا الانسدادية التي تحققها المادة النانوية أفضل بكثير من المادة التي أقطارها أكبر .

#### 7-4-1-2 نتائج اختبار مقاومة العينات المعالجة للتمزق



الشكل (7-13) مخطط تغير مقاومة التمزق بالعلاقة مع تغير تركيز (PDMS)

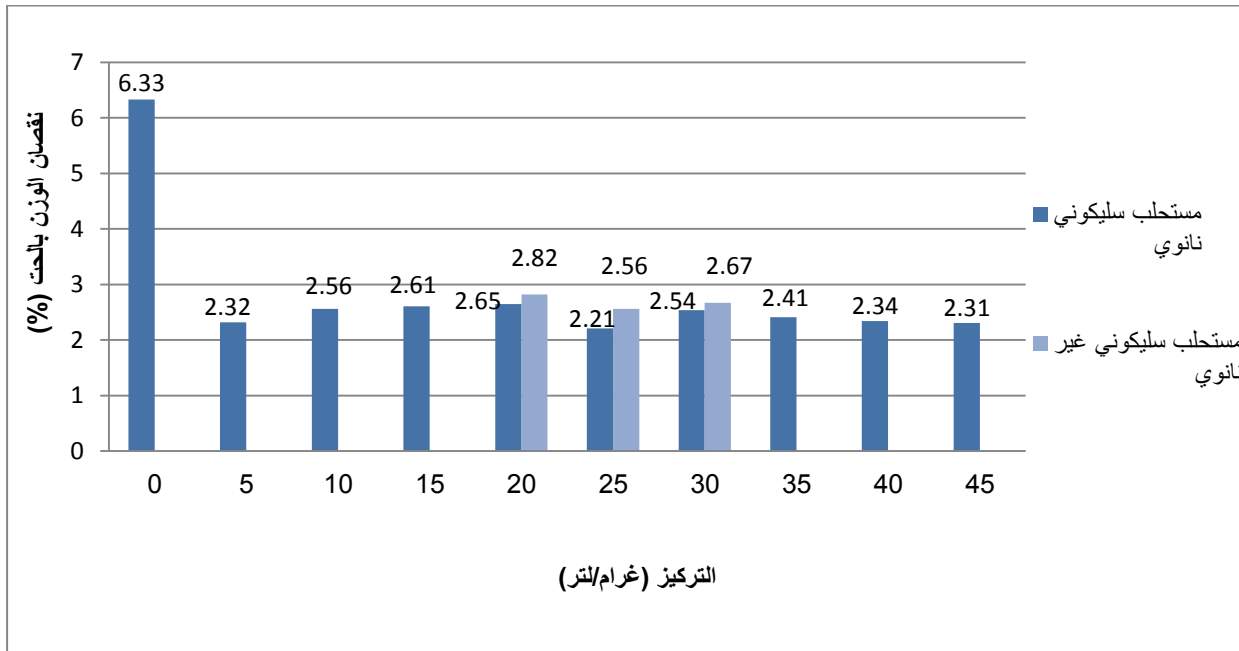
نلاحظ من الشكل (7-13) أن:

- ✓ العينة المعالجة بمستحلب (PDMS) النانوي عند تركيز (25g/L) أعطت مقاومة للتمزق أعلى من العينة المعالجة بمستحلب (PDMS) الغير نانوي (وهو المستحلب الذي تم تحضيره من دون استخدام الخلط الميكانيكي والتسخين )

وذلك لأن التمزق يتعلق بقوة الشد (القوى المتعامدة التي تعبر عنها مقاومة القماش للتمزق) حيث أن الأملاح النانوية تكسب القماش قوة شد أكبر وبالتالي مقاومة للقوى المتعامدة أكثر .

✓ بعد تكرار المعالجة بتركيز ( 20g/L ) عدة مرات أعطت نفس القيمة من مقاومة التمزق.

#### 3-1-4-7 نتائج اختبار مقاومة العينات المعالجة للاحتكاك:



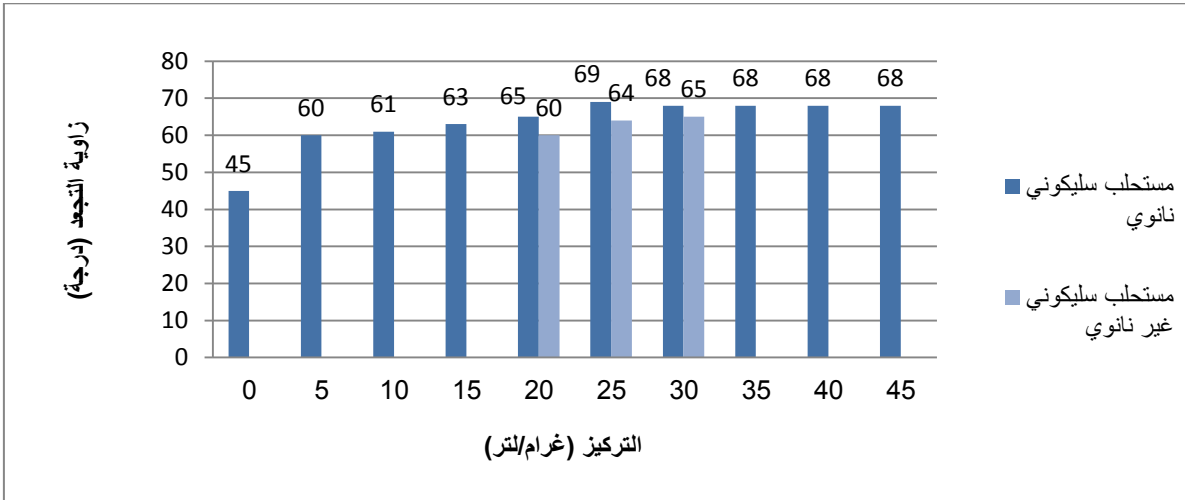
الشكل (7-14) مخطط تغير مقاومة الاحتكاك بالعلاقة مع تغير تركيز (PDMS)

نلاحظ من الشكل (7-14) أن:

✓ إن نقصان الوزن بالحت للعينات المعالجة ب (PDMS) النانوي انخفض بالمقارنة مع العينة المرجعية وبالتالي ازدادت مقاومتها للاحتكاك.

✓ إن العينات المعالجة ب (PDMS) الغير نانوي بالتركيز ( 20-25-30g/L ) ازداد نقصان الوزن بالحت لها بالمقارنة مع العينات المعالجة بالتركيز النانوية (20-25-30g/L) وبالتالي انخفضت مقاومتها للاحتكاك لأن أقطار الأملاح غير النانوية الكبيرة يكون الحت فيها أكبر وبالتالي نقصان الوزن بالحت أكبر وهذا أمر طبيعي كلما كان سطح المادة أملس كلما كان الحت أقل خسارة في المادة أقل.

#### 7-4-1-4 نتائج اختبار مقاومة التجعد:

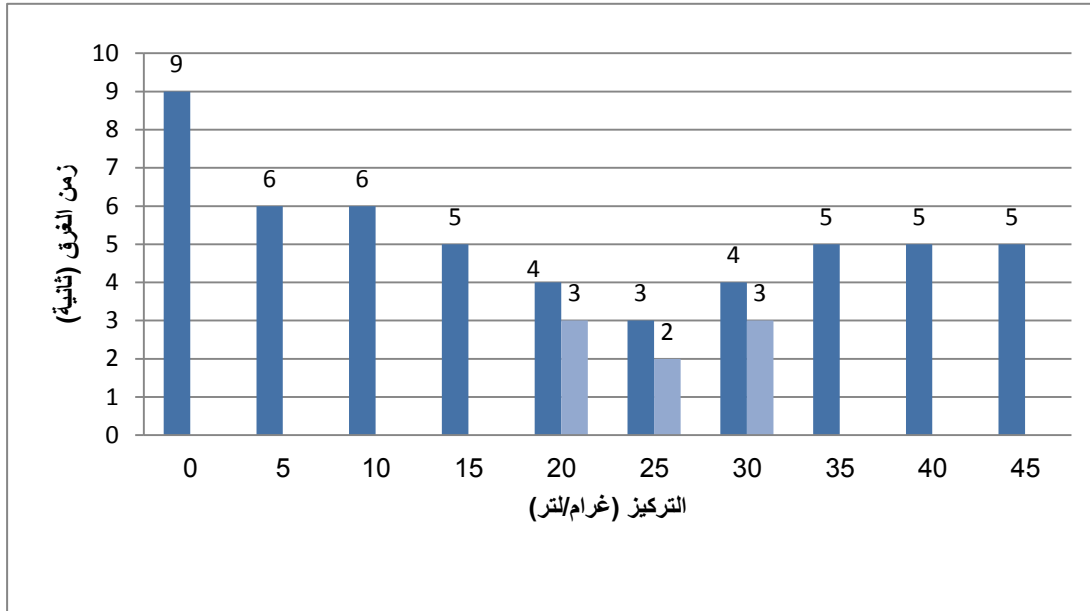


الشكل (7-15) مخطط تغير زاوية التجعد بالعلاقة مع تغير تركيز (PDMS)

نلاحظ من الشكل (7-15) أن:

- ✓ إن العينات المعالجة بـ (PDMS) النانوي تحسنت مقاومتها للتجعد بالمقارنة مع العينة المرجعية وهذا يعود إلى الربط العرضي الناجم عن قلة عدد الروابط الهيدروجينية وهذا يتوافق مع المرجع [4].

#### 7-4-1-9 نتائج اختبار الترطيب:



الشكل (7-16) مخطط تغير زمن الغرق بالعلاقة مع تغير تركيز (PDMS)

نلاحظ من الشكل (7-16) أن:

✓ إن العينات المعالجة بـ (PDMS) النانوي ضمن مجال من التراكيز (5-45g/l) أعطت أفضل ترطيب نتيجة انخفاض زمن الغرق بالمقارنة مع العينة المرجعية وهذا يعود إلى أن السيليكون مادة زيتية عند تطبيقها على القماش تحوله إلى مادة هيدروفوبية (كارهة للماء) وهذا يتوافق مع المرجع [4]

الجدول 7-1 المتوسط الحسابي لأقطار الجسيمات النانوية والانحراف المعياري للعينات

المعالجة ضمن مجال من التراكيز [5-45] gr/L

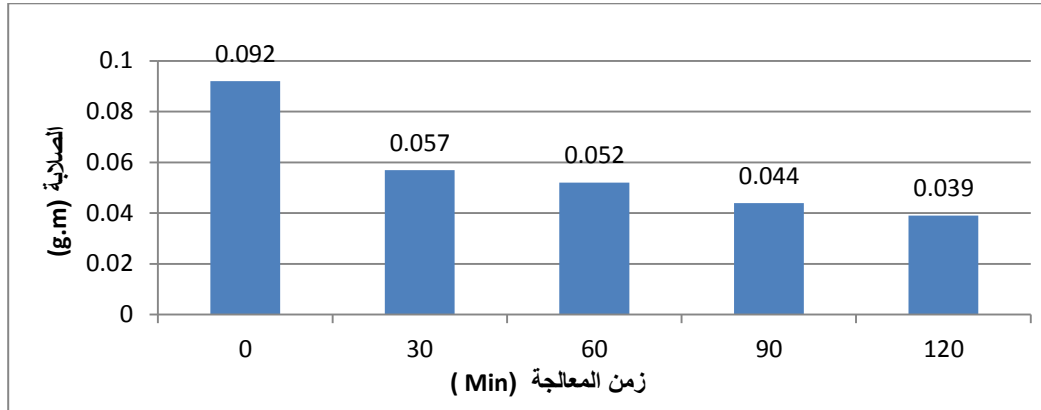
التركيز g/L	المتوسط الحسابي لأقطار الجسيمات النانوية (nm)	الانحراف المعياري CV%
5	61.33	6
10	82.46	12
15	123.6	27.83
20	156.93	41.01
25	61.22	6.11
30	193.83	47.5
35	193.6	46
40	83	14.36
45	83.13	28

يتضح من الجدول المذكور أعلاه أن أقطار جزيئات بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان في جميع العينات المدروسة من مرتبة النانو وهذا يؤكد نجاح تقنية الخلط الميكانيكي عند سرعة 4000 rpm في الحصول على مواد نانوية فبملاحظة متوسط أقطار الجسيمات النانوية نلاحظ أن أصغر متوسط حسابي لأقطار الجسيمات النانوية عند العينة المعالجة بتركيز 25 g/L وذلك واضح من خلال الصور .

7-4-2 نتائج الاختبارات للعينات المعالجة بـ PDMS النانوي بطريقة الأمواج فوق

الصوتية

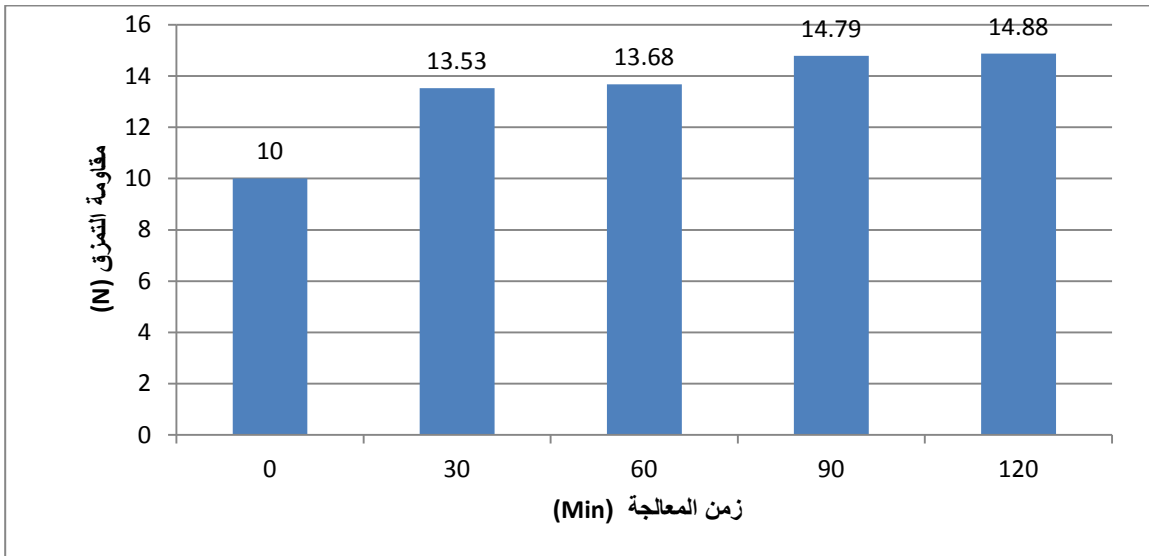
#### 7-4-2-1 نتائج اختبار الصلابة :



الشكل (7-17) مخطط تغير الصلابة بالعلاقة مع تغير زمن المعالجة (Min)

نلاحظ من الشكل (7-17): انخفضت قيمة الصلابة بازدياد زمن المعالجة ومنه الانسدالية ازادت للعينات المعالجة مع ازدياد زمن المعالجة لأن الصلابة على عكس الانسدالية عندما تنقص الصلابة تزداد الانسدالية وبالتالي ترسب المادة النانوية بشكل أكبر وهذا يتوافق مع المرجع [89].

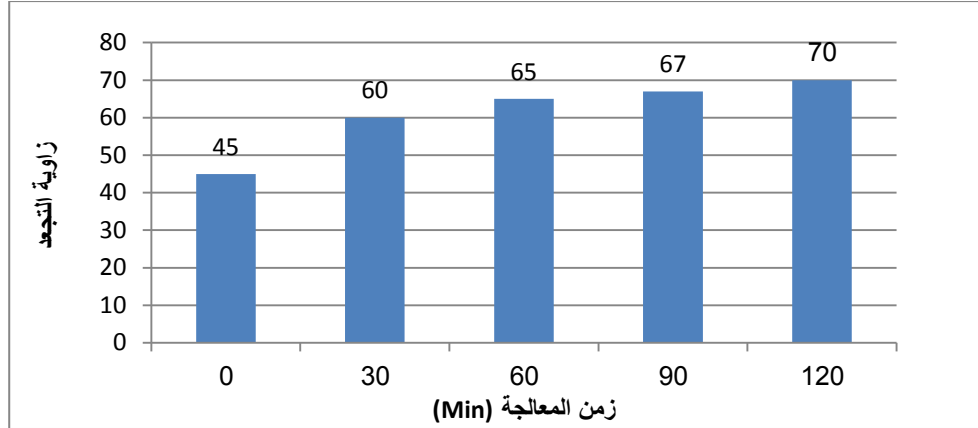
#### 7-4-2-2 نتائج اختبار مقاومة العينات المعالجة للتمزق:



الشكل (7-18) مخطط تغير مقاومة التمزق بالعلاقة مع تغير زمن المعالجة (Min)

نلاحظ من (7-18): عند زيادة زمن المعالجة تزداد مقاومة العينات المعالجة للتمزق لأنه يزداد ترسيب جسيمات السليكون النانوية على سطح القماش مما يكسب القماش قوة شد أكبر وبالتالي مقاومة للقوى المتعامدة أكثر وهذا يتوافق مع المرجع [66].

#### 7-4-2-3 نتائج اختبار قياس زاوية التجعد :

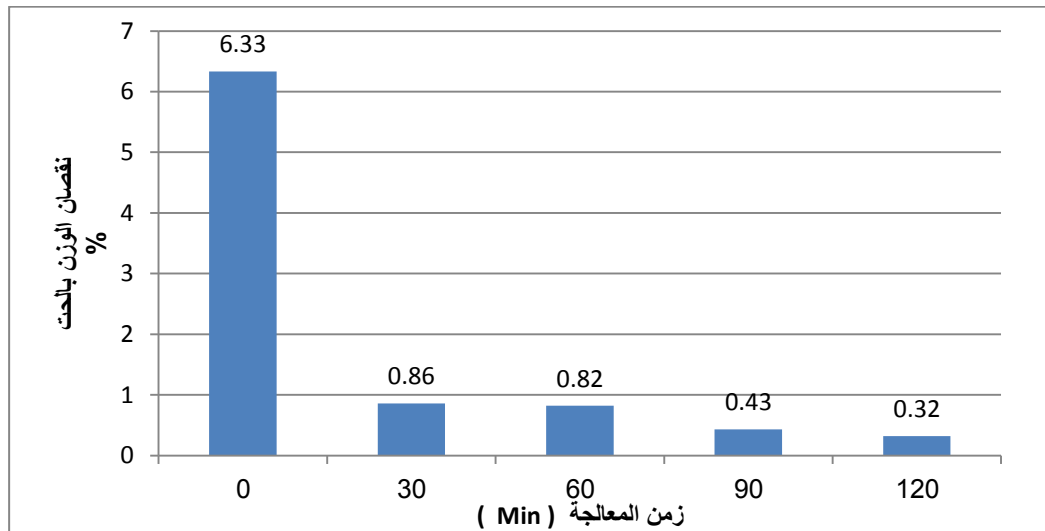


الشكل (7-19) مخطط تغير زاوية التجعد بالعلاقة مع تغير زمن المعالجة (Min)

نلاحظ من الشكل (7-19) :

زيادة زمن المعالجة أدى إلى ترسب أفضل للمادة المطرية مما يؤدي إلى مقاومة تجعد أكبر بالمقارنة مع العينة المرجعية حيث أن مقاومة التجعد ناتجة عن ازدياد الربط العرضي الذي ينتج عنه زيادة في مقاومة التجعد.

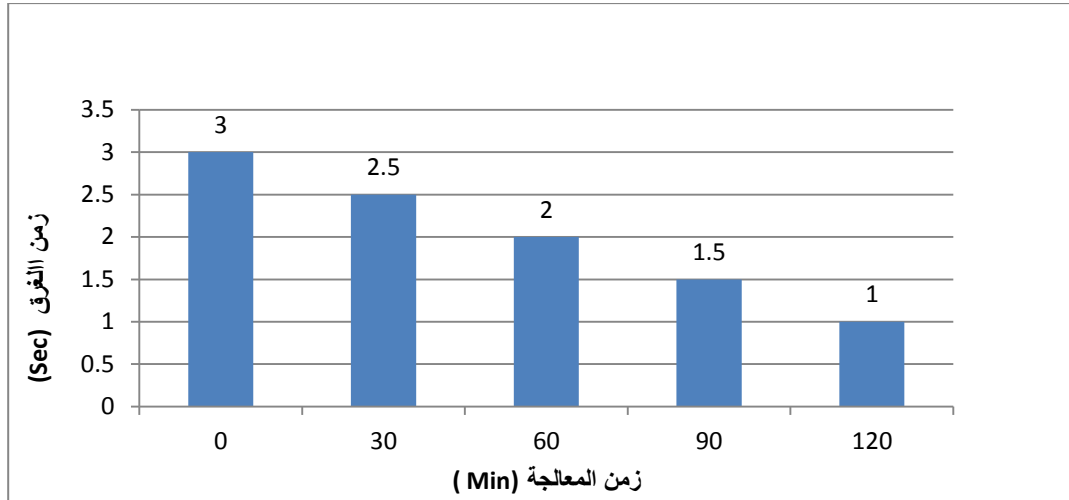
#### 7-4-2-4 نتائج اختبار مقاومة الاحتكاك:



الشكل (7-20) مخطط تغير مقاومة الاحتكاك بالعلاقة مع تغير زمن المعالجة (Min)

عند زيادة زمن المعالجة تزداد مقاومة الاحتكاك نتيجة ترسب المواد الصلبة على سطح النسيج.

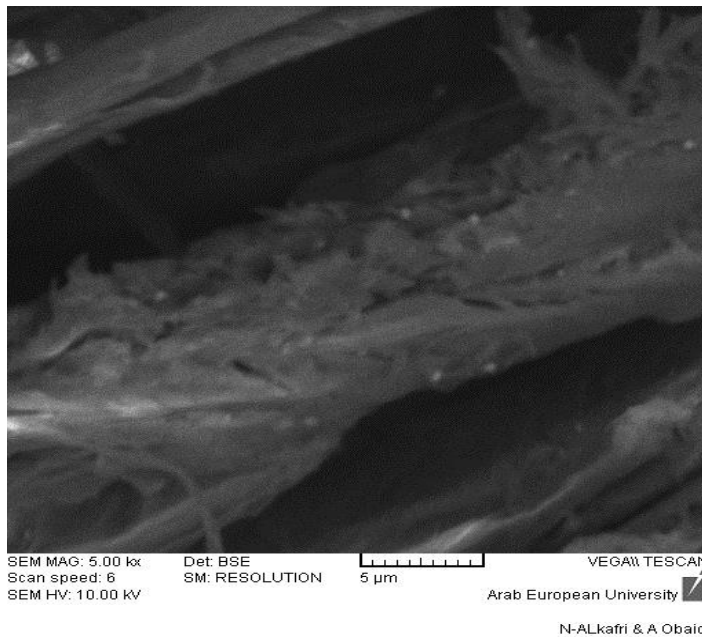
#### 7-4-2-5 اختبار الترطيب:



الشكل (7-21) مخطط تغير بالعلاقة مع تغير زمن المعالجة (Min)

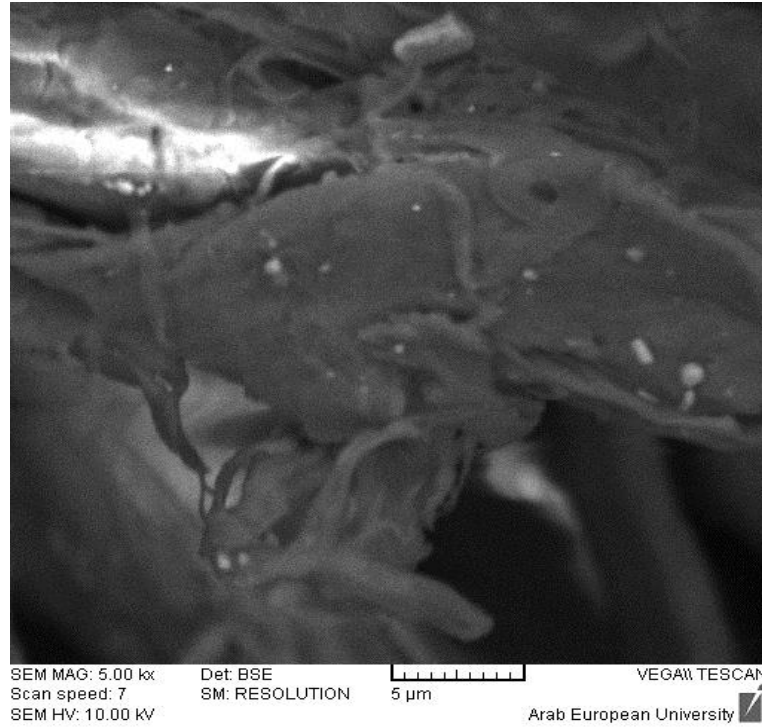
تبين من النتائج أن زيادة زمن المعالجة أعطى ترطيب للعينة القطنية المعالجة لأنه كلما كان زمن الغرق قصيراً كلما كان الإبتلال أفضل لأنه تزداد الجذور الهيدروكسيلية في المادة وبالتالي يزداد الربط العرضي مما يؤدي إلى ترطيب أفضل.

#### 7-4-2-11 نتائج التحليل باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح



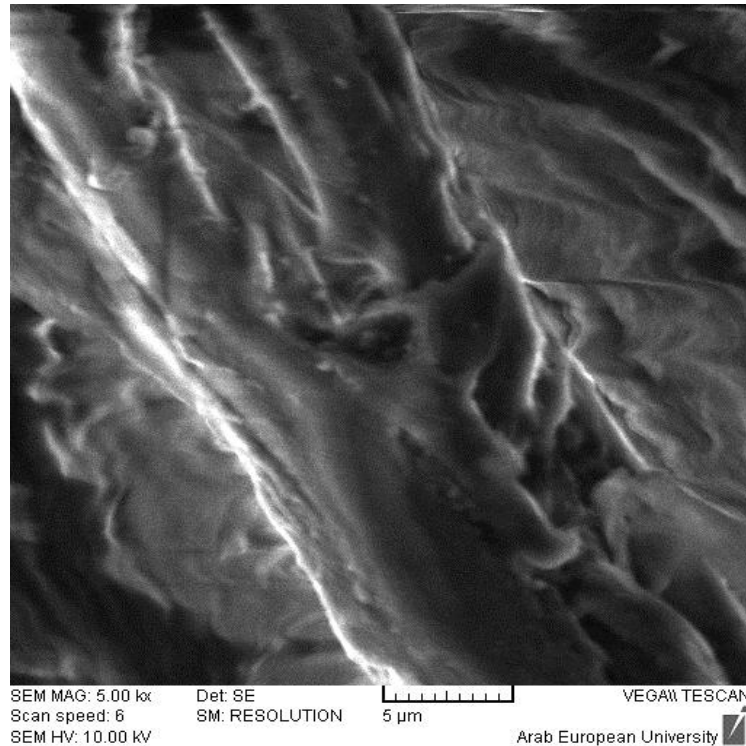
الشكل (7-22) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند زمن (30) دقيقة





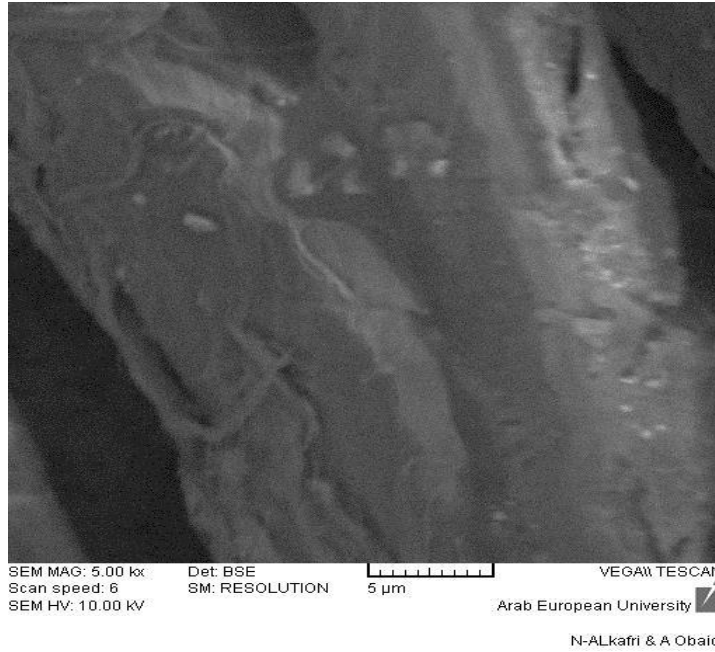
N-ALkafri & A Obaid

الشكل (7-23) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند زمن (60) دقيقة



N-ALkafri & A Obaid

الشكل (7-24) الصورة المجهرية للعينة المعالجة ب PDMS النانوي عند زمن (90) دقيقة



الشكل (7-25) الصورة المجهرية للعينة المعالجة بـ PDMS النانوي عند زمن (120) دقيقة

الجدول (7-2) المتوسط الحسابي لأقطار الجسيمات النانوية والانحراف المعياري للعينات المعالجة ضمن

مجال من الأزمنة [30-60]min

الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي لأقطار الجسيمات النانوية (nm)	زمن المعالجة (min)
47	258.43	30
22	170.15	60
41.5	221	90
43	249.36	120

يتضح من الجدول المذكور أعلاه أن أقطار جزيئات بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان في جميع العينات المدروسة من مرتبة النانو وهذا يؤكد نجاح تقنية الخلط الميكانيكي عند سرعة 4000rpm في الحصول على مواد نانوية حيث أن أصغر متوسط حسابي لأقطار الجسيمات النانوية عند العينة المعالجة بزمن معالجة 60 دقيقة وذلك واضح من الصور .

5-7 مقارنة بين طريقة المعالجة التقليدية و الأمواج فوق الصوتية من خلال نتائج الاختبارات

الجدول (3-7) مقارنة بين طريقة المعالجة التقليدية و الأمواج فوق الصوتية من حيث نتائج الاختبارات

الاختبارات	العينات المعالجة PDMS النانوي بطريقة المعالجة التقليدية خلال زمن قدره 30 دقيقة	العينات المعالجة PDMS النانوي باستخدام جهاز الأمواج فوق صوتية خلال زمن قدره 30 دقيقة
اختبار مقاومة التمزق	16.22(N)	13.53 N
اختبار الصلابة	0.052 g.m	0.039 g.m
اختبار الترطيب	3 Sec	4 sec
اختبار قياس زاوية التجعد	69°	60°
اختبار مقاومة الاحتكاك	2.21 %	0.82 %

يتضح من الجدول المذكور أعلاه أن العينات المعالجة بطريقة الغمر التقليدي أفضل من حيث مقاومة التمزق، مقاومة التجعد ومن حيث الترطيب بالمقارنة مع طريقة الأمواج فوق الصوتية إلا أن المعالجة بطريقة الأمواج فوق الصوتية أفضل من حيث الانسدالية ومقاومة الاحتكاك بالمقارنة مع طريقة المعالجة بالغمر التقليدي.

#### 6-7 مقارنة بين طريقة المعالجة التقليدية و الأمواج فوق الصوتية من حيث أقطار الجسيمات النانوية لمستحلب PDMS النانوي

الجدول (4-7) مقارنة بين طريقة المعالجة التقليدية و الأمواج فوق الصوتية من حيث أقطار الجسيمات النانوية

الاختبار على المجهر الإلكتروني (SEM)	العينات المعالجة PDMS النانوي باستخدام المعالجة التقليدية خلال زمن قدره 30 دقيقة	العينات المعالجة PDMS النانوي باستخدام جهاز الأمواج فوق صوتية خلال زمن قدره 30 دقيقة
أقطار الجسيمات النانوية	أصغر قطر 50.9 nm	أصغر قطر 159.6 nm

نلاحظ من الجدول المذكور أعلاه أن متوسط أقطار الجسيمات النانوية في المعالجة باستخدام الأمواج فوق الصوتية ازداد بالمقارنة مع طريقة المعالجة التقليدية وذلك يعود إلى حدوث ظاهرة التآكل.

## 7-7 النتيجة النهائية

- نتج عن استخدام الخلط الميكانيكي جسيمات نانوية من بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان PDMS، تم تطبيقها على القماش القطني بمساعدة طريقتي الغمر التقليدي والأمواج فوق الصوتية.
- في تجربة العينات القطنية، استخدمت طريقتي الغمر التقليدي والأمواج فوق الصوتية وقد تبين أن العينات المطرية بطريقة الغمر التقليدي أفضل من حيث مقاومة التمزق وخاصة الترطيب كما أبدت توزع أكثر للجسيمات النانوية على سطح الليف بالمقارنة مع العينات المعالجة بالأمواج فوق الصوتية.
- العينات المعالجة باستخدام الأمواج فوق الصوتية ازدادت كلا من مقاومتها للتآكل ، الاحتكاك ، التمزق بزيادة زمن المعالجة .
- أما بالنسبة لخاصية الترطيب حققت العينات المعالجة بطريقة الغمر التقليدي ترطيب أفضل بالمقارنة مع الأمواج فوق الصوتية.
- من حيث الفعالية في التطرية ، وجد أن المعالجة بالأمواج فوق الصوتية هي الأفضل ثم المعالجة بالغمر التقليدي.
- تزداد مقاومة العينات المعالجة للتمزق مع ازدياد زمن المعالجة وهذا يعني أن المادة السيليكونية عند تحميلها على القماش لم تسبب تخريب في بنيته.
- عند زيادة زمن المعالجة تزداد مقاومة الاحتكاك نتيجة ترسب المواد الصلبة على سطح النسيج.
- تغير زمن المعالجة حقق مقاومة تجعد أفضل بالمقارنة مع العينة المرجعية وهذا يعود إلى ازدياد الربط العرضي الذي نتج عن قلة عدد الروابط الهيدروجينية.

- أما اختبار الترطيب تبين من خلاله أن تغير زمن المعالجة أعطى ترطيب جيد للعينات القطنية المعالجة.
- أما بالنسبة للانسدادية للعينات المعالجة ازدادت مع تغير زمن المعالجة وذلك لأن قيمة الصلابة انخفضت بعد المعالجة خلال هذا المجال من الأزمنة.
- العينة المعالجة عند زمن 120 دقيقة حققت أفضل توزع للجسيمات مطري ثنائي ميثيل السيلوكسان النانوي و أيضاً أفضل الخصائص الميكانيكية.

## 7-8 المقترحات والتوصيات

- ✓ استخدام مواد كيميائية جديدة في تطرية القماش القطني باستخدام الأمواج فوق صوتية.
- ✓ تطبيق المعالجة بالتطرية باستخدام بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان النانوي على الأقمشة الصناعية والأقمشة ذات الاستخدامات الخاصة.
- ✓ استخدام تقنيات حديثة في تطبيق المعالجة ببولي ثنائي ميثيل السيلوكسان النانوي باستخدام البلازما أو الميكرويف.
- ✓ دراسة تأثير تغير بارمتر سرعة الخلط ودرجة الحرارة على أبعاد الجسيمات النانوية لمستحلب ثنائي ميثيل السيلوكسان.
- ✓ العمل على تحضير مستحلب بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان النانوي باستخدام جهاز الأمواج فوق الصوتية ومن ثم تطبيقه على القماش القطني بطريقة الغمر التقليدي.



## المراجع العلمية

1. Paul, R., 2015. Functional Finishes for Textiles: Improving Comfort, Performance and Protection. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
2. Harifi, T., Montazer, M., 2012. Past, present and future prospect of cotton cross-linking: New insight into nano particles. Carbohydr. Polym. 88, 1125–1140.
3. Kumar, R.S., Sundaresan, S., 2013. Mechanical finishing techniques for technical textiles. In: Gulrajani, M.L. (Ed.), Advances in the Dyeing and Finishing of Technical Textiles, first ed. Elsevier, USA.
4. Bakr, Hussein, The Final Processing of Textiles-Theoretical Part, First Edition ,Al-Bath University Publications, Homs, 2010. In Arabic.
5. Morent, R., De Geyter, N., Verschuren, J., De Clerck, K., Kiekens, P., Leys, C., 2008. Nonthermal plasma treatment of textiles. Surf. Coat. Technol. 202, 3427–3449.
6. Molina, R., Teixido', J.M., Kan, C.W., Jovanc'ic, P., 2017. Hydrophobic coatings on cotton obtained by in situ plasma polymerization of a fluorinated monomer in ethanol solutions. ACS Appl. Mater. Interfaces 9, 5513–5521.
7. Shishoo, R., 2007. Plasma Technologies for Textiles. CRC Press, New York. Tarakciog'lu, I., Anis, P., 1996. Microwave processes for the combined desizing, scouring, and bleaching of grey cotton fabrics. J. Text. Inst. 87, 602–608.
8. Zille, A., Oliveira, F.R., Souto, A.P., 2015. Plasma treatment in textile industry. Plasma Process. Polym. 12, 98–131.
9. Wong, W., Chan, K., Yeung, K.W., Lau, K.S., 2001. Chemical modification of poly(ethylene terephthalate) induced by laser treatment. Text. Res. J. 71, 117–120.
10. Kale, M.J., Bhat, N.V., 2011. Effect of microwave pretreatment on the dyeing behavior of polyester fabric. Color. Technol. 127, 365–371.

11. Raslan, W.M., Rashed, U.S., El-Sayad, H., 2011. Ultraviolet protection, flame retardancy and antibacterial properties of treated polyester fabric using plasma-nano technology. Mater. Sci. Appl. 2, 1432–1442.
12. Montazer, M., Chizarifard, G., Harifi, T., 2013. CO<sub>2</sub> laser irradiation of raw and bleached cotton fabrics, with focus on water and dye absorbency, coloration technology. Color.Technol. 130, 1–8.
13. Ferrero, F., Periolatto, M., Sangermano, M., Bianchetto Songia, M., 2008. Water-repellent finishing of cotton fabrics by ultraviolet curing. J. Appl. Polym. Sci. 107, 810–818.
14. Harifi, T., Montazer, M., 2015. A review on textile sonoprocessing: a special focus on sonosynthesis of nanomaterials on textile substrates. Ultrason. Sonochem. 23, 1–10.
15. Schindler, W.D., Hauser, P.J., 2004. Chemical Finishing of Textiles. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
16. Holme, I., 1993. New developments in the chemical finishing of textiles. J. Text. Inst. 84, 520–533.
17. Kan, C.W., 2015. A novel green treatment for textiles plasma treatment as a sustainable technology. Text. Sci. Technol. 12, 418–440.
18. Paul, R., Genesca, E., 2015. The use of enzymatic techniques in the finishing of technical textiles. In: Gulrajani, M.L. (Ed.), Advances in the nanoFinishing of Technical Textiles, Elsevier, USA.
19. Paul, R., Genesca, E., 2013. The use of enzymatic techniques in the finishing of technical textiles. In: Gulrajani, M.L. (Ed.), Advances in the Dyeing and Finishing of Technical Textiles, (first ed). Elsevier, USA.
20. Freddi, G., Mossotti, R., Innocenti, R., 2003. Degumming of silk fabric with several proteases. J. Biotechnol. 106, 101–112.
21. Eslahi, N., Dadashian, F., Hemmati Nejad, N., 2013a. An investigation on keratin extraction from wool and feather waste by enzymatic hydrolysis. Prep. Biochem. Biotechnol. 43, 624–648.



22. Opwis, K., Knitter, D., Schollmeyer, E., Hoferichter, P., Cordes, A., 2008. Simultaneous application of glucose oxidases and peroxidases in bleaching processes. Eng. Life Sci.8, 175–178.
23. Parvinzadeh Gashti, M., Pakdel, E., Alimohammadi, F., 2016. Nanotechnology-based coating techniques for smart textiles. In: Hu, J. (Ed.), Active Coatings for Smart Textiles. Woodhead Publishing, Cambridge, UK.
24. Wang, W., Cheng, W., Tian, M., Zou, H., Li, L., Zhang, L., 2012. Preparation of PET/Ag hybrid fibers via a biomimetic surface functionalization method. Electrochim. Acta 79, 37–41.
25. Wei, Q., 2009. Surface Modification of Textiles. Woodhead Publishing, Cambridge, UK.
26. . Rouhani Shirvan, A., Hemmati Nejad, N., Bashari, A., 2014. Antibacterial finishing of cotton fabric via the chitosan/TPP self-assembled nano layers. Fibers Polym. 15,1908–1914.
27. Gulrajani, M.L., 2006. Nanofinishes. Indian J. Fibre Text. Res. 31, 167–201.
28. Arif, D., Bilal, M., Niazi, K., Ul-Haq, N., Nabeel, M., Hashmi, A.E., 2015. Preparation of antibacterial cotton fabric using chitosan-silver nanoparticles. Fibers Polym.16, 1519–1526.
29. Panwar, K., Jassal, M., Agrawal, A.K., 2015. In situ synthesis of Ag-SiO<sub>2</sub> Janus particles with epoxy functionality for textile applications. Particuology 19, 107–112.
30. Dastjerdi, R., Montazer, M., 2010. A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: Focus on anti-microbial properties. Colloids Surf. B: Biointerfaces 79, 5–18.
31. Bozaci, E., Akar, E., Ozdogan, E., Demir, A., Altinisik, A., Seki, Y., 2015. Application of carboxymethylcellulose hydrogel based silver nanocomposites on cotton fabrics for antibacterial property. Carbohydr. Polym. 134, 128–135.

32. Mahmoudi Rad, M., 2015. A new route for synthesis of silver: gold alloy nanoparticles loaded within phosphatidylcholine liposome structure as an effective antibacterial agent against Pseudomonas aeruginosa. J. Liposome Res. 25, 38–45.
34. Harifi, T., Montazer, M., 2015. A review on textile sonoprocessing: a special focus on sonosynthesis of nanomaterials on textile substrates. Ultrason. Sonochem. 23, 1–10.
35. McGuinness, N.B., John, H., Kavitha, M.K., Banerjee, S., Dionysiou, D.D., Pillai, S.C., 2016. Self-cleaning photocatalytic activity: materials and applications.
36. Mital, G.S., Manoj, T., 2011. A review of TiO<sub>2</sub> nanoparticles. Chin. Sci. Bull. 56, 1639–1657.
37. Montazer, M., Maali Amiri, M., 2014. ZnO nano reactor on textiles and polymers: ex situ and in situ synthesis, application, and characterization. J. Phys. Chem. B 118, 1453–1470.
38. Nafeie, N., Montazer, M., Hemmati Nejad, N., Harifi, T., 2016. Department electrical conductivity of different carbon nanotubes on wool fabric: an investigation on the effects of different dispersing agents and pretreatments. Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.
39. Behzadnia, A., Montazer, M., Mahmoudi Rad, M., 2015. In situ photo sonosynthesis and characterize nonmetal/metal dual doped honeycomb-like ZnO nanocomposites on wool fabric. Ultrason. Sonochem. 27, 200–209.
40. Parvinzadeh Gashti, M., Pakdel, E., Alimohammadi, F., 2016. Nanotechnology-based coating techniques for smart textiles. In: Hu, J. (Ed.), Active Coatings for Smart Textiles. Woodhead Publishing, In.
41. Parvinzadeh Gashti, M., Willoughby, J., Agrawal, P., 2011. Surface and bulk modification of synthetic textiles to improve dyeability. In: Hauser, P. (Ed.), Textile Dyeing. InTech.
42. Callies, M., Quere, D., 2005. On water repellency. Soft Mater. 1, 55–61.

43. Dastjerdi, R., Montazer, M., Stegmaier, T., Moghadam, M.B., 2012. A smart dynamic selfinduced orientable multiple size nano-roughness with amphiphilic feature as a stainrepellent hydrophilic surface. Colloids Surf. B: Biointerfaces 91, 280–290.
44. Karmakar, S.R., 1999. Chemical Technology in Pretreatment Process of Textiles. Elsevier, USA.
45. Khosravian, S., Montazer, M., Malek, R.M.A., Harifi, T., 2015. In situ synthesis of nano ZnO on starch sized cotton introducing nano photo active fabric optimized with response surface methodology. Carbohydr. Polym. 132 (2015), 126–133.
46. John, M.J., Anandjiwala, R.D., 2009. Surface modification and preparation techniques for textile materials. In: Wei, Q. (Ed.), Surface Modification of Textiles. Woodhead Publishing, UK
47. Wilkinson, M., 1996. A review of industrial coated fabric substrates. J. Coated Fabr. 26, 87–106.
48. Bajaj, P., 2002. Finishing of textile material. J. Appl. Polym. Sci. 83, 631–659.
49. Feng, L., Li, S., Li, Y., Li, H., Zhang, L., Zhai, J., Song, Y., Liu, B., Jiang, L., Zhu, D., 2002. Super-hydrophobic surfaces: From natural to artificial. Adv. Mater. 14, 1857–1860.
50. Gao, Y., Cranston, R., 2008. Recent advances in antimicrobial treatments of textiles. Text. Res. J. 78, 60–72.
51. Horrocks, A.R., 1986. Flame retardant finishing of textiles. Rev. Prog. Color. 16, 62–101.
52. Mahltig, B., 2015. Hydrophobic and oleophobic finishes for textiles. In: Paul, R. (Ed.), Functional Finishes for Textiles: Improving Comfort, Performance and Protection. Woodhead Publishing, Cambridge, UK.
53. Nelson, G., 2001. Microencapsulation in textile finishing. Rev. Prog. Color. Relat. Top. 31, 57–64.

54. MSimayee, M. Montazer. 2016. A protective polyester fabric with magnetic properties using mixture of carbonyl iron and nano carbon black along with aluminium sputtering, J. Ind. Text. DOI: <https://doi.org/10.1177/1528083716667261>.
55. Mallinson, P., 2001. Soft sell. Int. Dyer 186, 36–40.
- 56 Roy Choudhury, A.K., Chatterjee, B., Saha, S., Shaw, K., 2012. Comparison of performances of macro, micro and nano silicone softeners. J. Text. Inst. 103, 1012–1023.
57. Nostadt, K., Zysch, R., 1997. Softeners in the textile finishing industry. Colourage, 53–57.
58. Mahapatro, B., Shenai, V.A., Saraf, N.M., 1991. Chemistry and applications of softening agents for textiles. Colourage 38, XII-XXIII.
59. Berthiaume, M.D., Baum, A.D., 1997. Organofunctionalized silicone resins for personal care applications. J. Soc. Cosmet. Chem. 48, 1–21.
60. Bajaj, P., 2002. Finishing of textile hand assessment in the United States and Japan. Text. Res.J. 56, 227–240.
61. Jang, K., Yeh, K., 1993. Effect of silicone softeners and silane coupling agents on the performance properties of cotton fabrics. Text. Res. J. 63, 557–565.
62. Montazer, M., Hashemikia, S., 2012. Application of polyurethane/citric acid/silicone softener. composite on cotton/polyester knitted fabric producing durable soft and smooth surface. J. Appl. Polym. Sci. 124, 4141–4148.
63. Dastjerdi, R., Montazer, M., Shahsavan, S., B€ottcher, H., Moghadam, M.B., 2013. Novel durable bio-photocatalyst purifiers, a non-heterogeneous mechanism: Accelerated entrapped dye degradation into structural polysiloxane-shield nano-reactors. ColloidsSurf. B. Biointerfaces 101, 457–464.

64. Asadi, M., Montazer, M., 2013. Multi-functional polyester hollow fiber nonwoven fabric with using nano clay/nano TiO<sub>2</sub>/polysiloxane composites. J. Inorg. Organomet. Polym. Mater. 23, 1358–1367.
65. B. Bhardwaj, Nanotechnology: Various methods used for preparation of Nanomaterials. Article. (2019).
66. K. R. Amarnath, Application of Ultrasound in Textile Wet Processing. Prepared by North Carolina State University (1992).
67. J. H. Bang, K. S. Suslick. Applications of Ultrasound to the Synthesis of Nanostructured Materials. Article (2010).
68. O. V. Kharissova, B. I. Kharisov and U. O. Mendez, Ultrasound in Nanochemistry, DOI: 10.1080 (2011).
69. . J. KIS-CSITÁRI, Z. KÓNYA, I. KIRICSI, SONOCHEMICAL SYNTHESIS OF INORGANIC NANOPARTICLES. DOI: 10.1007/978. (2008).
70. Boxall, B., Tiede, K., Chaudhry, Q., 2007. Engineered nanomaterials in soils and water: how do they behave and could they pose a risk to human health? Nanomedicine 2, 919–927.
71. Som, C., Wick, P., Krug, H., Nowack, B., 2011. Environmental and health effects of nanomaterials in nanotextiles and fac,ade coatings. Environ. Int. 37, 1131–1142.
72. M. Parvinzadeh ,2009. Ultrasonic Assisted Finishing of Cotton with Nonionic Softener.
73. Nihat ÇELİK Züleyha DEĞİRMENCİ H. Kübra KAYNAK Çukurova. TEKSTİL ve KONFEKSİYON 1/2010.
74. Dp chattopadhyay,Effect of Silicone nano –emulsion softener on physical properties of cotton fabric.2010.pp.68-71.
75. MS. A. BEGUM . EFFECT OF MACRO, MICRO AND NANO SILICONE EMULSION SOFTENERS ON PHYSICAL AND COLORIMETRIC PROPERTIES OF COTTON FABRIC. 34-42(August 2012).

76. K. P. Tang , J. T. Fan, J. F. Zhang , M. K. Sarkar , and C. W. Kan Effect of Softeners and Crosslinking Conditions on the Performance of Easy-care Cotton Fabrics with Different Weave Constructions ,2017.
77. Dr. S. K. Chinta, Ms. Pooja D. Gujar. SIGNIFICANCE OF MOISTURE MANAGEMENT IN TEXTILES. Vol. 2, Issue 6, June 2013.
78. .Dr. Eman Rafat Saad Lecturer, Apparel Department,. Effect of Coating with Silver Nanoparticles (AgNPs) on Cotton Fabric Functional Properties.2014 Volume 4 Issue.
79. .A. El-Shafei, S. Sharaf, S. Zaghloul, and M. Hashem . Development of Softener Containing Metal Nano-Particle for Multipurpose Textile.2015.
80. .Gokarneshan N., Suvitha L. and Maanvizhi M. NANO FINISHING OF COTTON FABRICS. 2015 Vol. 5 (3) July-September, pp.63-75.
81. Dr. Mehmet TOPALBEKİROĞLU. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU. EFFECT OF SOFTENER PARTICLE SIZE ON THE PERFORMANCE OF WOVEN FABRICS WITH DIFFERENT STRUCTURE. © 2016 [Ebru DEMİRCİ].
82. M.M.Hashem1 , A. M.El-Shafei1 , S.S.Sharaf1\*, R. Abdel-Sattar1 , A. A. Mohamed2. Development and Evaluation of Novel Multifunction Hybrid Containing Cationic Softener /TiO2 /Herbal Oil for Cotton Based Fabrics.(2017) pp.171 – 183.
- 83.MAJID MONTAZER TINA HARIFI. NANOFINISHING OF TEXTILE MATERIALS,2018.
84. Alaa Arafa Badr, PhD. Performance of Knitted Fabrics Finished With Different Silicone Softeners. Volume 13, Issue 1 – 2018.
85. Shirin Nourbakhsh, Mazeyar Parvinzadeh and Sanaz Jafari.Comparison between nano and micro silicon softener on corona discharge-treated cotton fabric . 0(00) 1–12 The Author(s) 2017

86. .André Eliezer Polloni<sup>1</sup>, Ultrasound assisted miniemulsion polymerization to prepare poly(urea-urethane) nanoparticles. Polímeros, 28(2), 155-160, 2018
87. Greeshma Nair<sup>1</sup>, . Production of Eco Friendly Fabric Softener . International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 14, Number 1 (2019) pp. 8-15.
88. Sena Demirbağ and Sennur Alay Aksoy. Encapsulation of Phase Change Materials by Complex Coacervation to Improve Thermal Performances and Flame Retardant Properties of the Cotton Fabrics. Fibers and Polymers .2016, Vol.17, No.3, 408-417.
89. Peirce F T, 'The handle of cloth as a measurable quantity', / Text Inst, 1930 21 T377.

## الملخص

يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير المطريات السيلكونية النانوية على القماش القطني ومقارنته بتأثير المطريات السيلكونية غير النانوية من حيث الخصائص الميكانيكية ومن ثم المقارنة بين طريقتي المعالجة التقليدية والمعالجة بالأمواج فوق الصوتية واختيار الطريقة الأفضل .

حيث تم العمل ضمن مجال من التراكيز من (5-45) غرام /لتر من بولي ثنائي ميثيل السيلوكسان ومن ثم اجراء اختبارات مقاومة الاحتكاك والتمزق والتجعد فأظهرت النتائج مقاومة متوسطة إلى جيدة جداً. أظهرت النتائج أن طريقة المعالجة بالغمر التقليدي أعطت أفضل النتائج من حيث مقاومة التجعد ، التمزق وخاصة الترطيب كما أبدت توزع أكبر للجسيمات النانوية على سطح الليف بالمقارنة مع العينات المعالجة بطريقة الأمواج فوق الصوتية إلا أن العينات المعالجة بمستحلب ثنائي ميثيل السيلوكسان النانوي باستخدام الأمواج فوق الصوتية خلال مجال من الأزمنة (30-120) دقيقة أظهرت ازدياد في الانسدالية ومقاومة الاحتكاك بالمقارنة مع العينات المعالجة بالغمر التقليدي وبإجراء المسح الإلكتروني للعينات المعالجة بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح SEM أظهرت النتائج أن أقطار جزيئات ثنائي ميثيل السيلوكسان المشكلة هي من مرتبة النانو، وأن أصغر أقطار الجسيمات الناتجة عن استخدام طريقة المعالجة بالغمر التقليدي هي 50.9 nm بينما أصغر أقطار الجسيمات الناتجة عن استخدام المعالجة بالأمواج فوق الصوتية هي 156.6 nm .



## **Abstract**

This research aims to study the effect of nano silicone softeners on cotton fabrics and compare it with the effect of non-nano silicone softeners in terms of mechanical properties, and then compare between the traditional treatment methods and ultrasound treatment and choose the best method.

Where the work was done in a range of concentrations from (5-45)g / l of poly-dimethylsiloxane, and then tests for resistance to friction, tearing and wrinkling were carried out, and the results showed moderate to very good resistance. The results showed that the conventional immersion treatment method gave the best results in terms of anti-wrinkle, tearing and moisturizing property. It also showed a greater distribution of nanoparticles on the surface of the fiber compared to the samples treated by ultrasound, but the samples treated with nano dimethylsiloxane emulsion using ultrasound within the range of From time (30-120) minutes, it showed an increase in drooping and friction resistance compared to samples treated with conventional immersion and by conducting electron scanning of samples treated by a SEM scanning electron microscope, the results showed that the diameters of the formed dimethylsiloxane particles are of the order of nano, and that the smallest diameters of the particles resulting from Using the conventional immersion treatment method is 50.9 nm while the smallest particle diameters resulting from using ultrasound treatment is 156.6 nm





**Syrian Arab Republic  
Al- Baath University  
Faculty of Chemical and Petroleum Engineering  
Spinning and Textile Department**



**Developing the Treatment of Cotton Fabrics with Softeners Using  
Nanotechnology**

**A thesis Submitted For The Degree Of Master  
Of Spinning and Textile Engineering  
(Textile Engineering and Its Treatment)**

**By  
Eng. Yara Mohammad Shaheen Molheem**

**Supervised by**

<b>Dr. Eng. Ghazal Tohmaz</b>	<b>Dr. Eng. Ramia Almohamad</b>
<b>Dr. at Spinning and Textile Department</b>	<b>Dr. at Spinning and Textile Department</b>

**2020/ 1442**