

تحضير ودراسة المواد المركبة
(مصنع مغرب أنابيب بالمسيلة)

من إعداد الطالبين:

عشور عبد الغاني

بن شريف لطفي

تاريخ المناقشة: 22 / 06 / 2023

لجنة المناقشة

رئيسا

جامعة المسيلة

دغفل النذير

مشرفا

جامعة المسيلة

العايب النوري

ممتحنا

جامعة المسيلة

بن يحي عزالدين

مدعوا

مهندس مخبر بمصنع مغرب أنابيب

ولد السهلي سفيان

2023-2022



شكر و عرفان

رَبِّهِمْ وَأَنْزَلْنَا عُيُنِي عَلَىٰ أَهْلِ بَيْتِهِ لِيَنصُرُوهُ وَاللَّهُ مَعَ الصَّادِقِينَ
وَاللَّهُ يَهْدِي مَن يَشَاءُ لِرَبِّهِمْ وَأَنْزَلْنَا عُيُنِي عَلَىٰ أَهْلِ بَيْتِهِ لِيَنصُرُوهُ
وَاللَّهُ مَعَ الصَّادِقِينَ

وَأَعْلَمُ مَا تُكِنُّ السُّرُورُ ۗ وَاللَّهُ عَلِيمٌ غَلِيبٌ
وَأَعْلَمُ مَا تُكِنُّ السُّرُورُ ۗ وَاللَّهُ عَلِيمٌ غَلِيبٌ

نشكر الله بداية ونحمده على توفيقه إيانا لإنجاز هذا العمل .

كما نشكر الأستاذ المشرف "العايب النوري"

والشكر موصول أيضا إلى جميع من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاز هذه

المذكرة .

وكل من ساندنا وتمنى لنا التوفيق

قائمة المحتويات

شكر و عرفان

الفهرس

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

المقدمة

الفصل الأول

دراسة نظرية للألياف النباتية

3	1.I تعريف الألياف النباتية
3	2.I بنية الألياف النباتية:
4	3.I تصنيف الألياف النبات
4	1.3.I الألياف الإصطناعية:
5	1.1.3.I ألياف الزجاج:
5	2.1.3.I ألياف الكربون:
5	3.1.3.I ألياف الكيفلار(الأراميد)
5	2.3.I الألياف الطبيعية
6	1.2.3.I ألياف طبيعية ذات أصل حيواني (ألياف بروتينية)
6	2.2.3.I ألياف طبيعية ذات أصل نباتي
7	4.I مكونات الألياف النباتية
7	1.4.I السليلوز
8	2.4.I الهيميسليلوز

9	3.4.I البكتين
10	3.4.I اللجنين
12	5.I الخصائص الميكانيكية للألياف النباتية
13	6.I المقارنة بين الخصائص الميكانيكية للألياف الطبيعية والإصطناعية
15	7.I نبات الحلفاء
15	1.7.I ألياف نبات الحلفاء
16	2.7.I خصائص نبات الحلفاء

الفصل الثاني

المواد المركبة

18	1.II تعريف المواد المركبة
18	2.II تطور المواد المركبة
19	3.II مكونات المواد المركبة
19	1.3. II التعزيز (Renfort)
19	2.3. II المصفوفة (Matric)
20	4. II أنواع المصفوفات
20	1.4. II المصفوفات العضوية (matrices organiques)
20	1.1.4. II المصفوفة المرنة حرارية (TP)
21	2.1.4. II المصفوفة المتصلبة حراريا (TD)
24	5.II تصنيف المواد المركبة
24	1.5.II تصنيف المواد المركبة حسب نوع المصفوفة (المادة الرابطة)
26	2.5.II تصنيف المواد المركبة حسب نوع التعزيز:

- 26 1.2.5.II المواد المركبة ذات الألياف
- 26 2.2.5.II المواد مركبة ذات الحبيبات (Particulate composit)
- 27 3.2.5.II المواد المركبة النانومترية (Nano composite materials)

الفصل الثالث

الطرائق والأجهزة المستعملة

- 27 1.III مصنع أنابيب مغرب
- 27 1.1.III الموقع
- 27 2.1. III التعريف بالمصنع
- 27 2. III تحضير المحاليل
- 28 3. III معالجة الألياف
- 28 1.3. III المعالجة الميكانيكية للألياف
- 28 2.3. III المعالجة الكيميائية للألياف
- 28 3.3. III المعالجة القلوية
- 29 4. III تحضير المواد المركبة
- 29 1.4. III طريقة تحضير المواد المركبة
- 29 1.1.4. III تحضير القالب
- 30 2.1.4. III تحضير المصاغ
- 31 3.1.4. III مراحل القولية
- 32 5. III الأجهزة المستعملة
- 32 1.5. III جهاز الطحن
- 32 2.5. III جهاز الثني ذو ثلاث نقاط للمركبات
- 33 3.5. III جهاز الأشعة تحت الحمراء
- 33 4.5. III جهاز الوزن الحراري
- 34 5.5. III الاختبار بجهاز حيود الأشعة السينية
- 35 6. III المواد المستعملة

الفصل الرابع

النتائج ومناقشتها

- 39 1.IV اختبار التشخيص للألياف المعالجة كيميائياً والألياف غير معالجة
- 39 1.1. IV اختبار التشخيص باستعمال جهاز التحليل الوزني الحراري
- 41 2.IV اختبار جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينات المعالجة وغير معالجة
- 45 3.IV التحليل بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية
- 48 4.IV اختبار النثي ذو ثلاث نقاط ألياف المعالجة

قائمة الأشكال

الصفحة	عنوان الشكل
3	الشكل (1) البنية العامة للمادة النباتية .
6	الشكل رقم (2) تصنيف الألياف النباتية حسب مصدرها .
7	الشكل (3) جزيئ السليلوز.
8	الشكل (4) الألياف الدقيقة للسليلوز.
9	الشكل (5) بنية نوع من الزيلوجلوكان .]
10	الشكل (6): التمثيل التخطيطي للجنين .]
10	الشكل (7): هيكل سلائف اللجنين.
11	الشكل (8): بنية سلسلة حمض polygalacturonic وتشكيل الكوع من خلال وجود الراموز .
16	الشكل (9) نبات الحلفاء الطبيعية.
20	الشكل رقم (10): السطح البيني ليف- مادة رابطة
28	الشكل (11) موقع مصنع أنابيب مغرب.
29	الشكل (12). الألياف بعد عملية المعالجة الميكانيكية.
30	الشكل (13): ألياف الحلفاء بعد التجفيف في درجة الحرارة العادية
30	الشكل (14): ألياف الحلفاء بعد التجفيف في فرن درجة حرارته 80°C لمدة 5 ساعات.
31	الشكل (15) خطوات تحضير القالب.
31	الشكل (16) جهاز قياس مدة تصلب الراتنج.
31	الشكل (17) كيفية وضع الخليط على القالب.
32	الشكل (18). مراحل القولبة .
33	الشكل (19) جهاز طحن.
33	الشكل (20) يمثل جهاز الاختبار للثني ذو ثلاث نقاط مع رسم تخطيطي لعينة.
34	الشكل (21) جهاز التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء.
35	شكل (22): جهاز التحليل الوزني الحراري .

35	الشكل (23) مبدأ قانون براج.
36	الشكل (24) جهاز حيود الأشعة السينية .
37	الشكل (25) العينات المنجزة في المخبر.
39	الشكل (26): منحى نتائج التحليل الوزني الحراري للعينة ATAF35
40	الشكل (27): منحى نتائج التحليل الوزني الحراري للعينة UTAF
40	الشكل (28): منحى نتائج التحليل الوزني الحراري للعينة ATAF65
41	الشكل (29): منحى نتائج التحليل الوزني الحراري للعينة ATAF95
42	الشكل (30): منحى اختبار جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعين UTAF
42	الشكل (31): منحى اختبار جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعين ATAF35
43	الشكل (32): منحى اختبار جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعين ATAF95
43	الشكل (33): منحى اختبار جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعين ATAF635
46	الشكل (34): منحى التحليل بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية للعين UTAF
46	الشكل (35): منحى التحليل بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية للعين ATAF35
47	الشكل (36): منحى التحليل بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية للعين ATAF95
47	الشكل (37): منحى التحليل بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية للعين ATAF65
48	الشكل (38): منحى الثني للمركب المحضر من ألياف الحلفاء المعالجة UTAF
49	الشكل (39): منحى الثني للمركب المحضر من ألياف الحلفاء المعالجة ATAF35
49	الشكل (40): منحى الثني للمركب المحضر من ألياف الحلفاء المعالجة ATAF65
50	الشكل (41): منحى الثني للمركب المحضر من ألياف الحلفاء المعالجة ATAF95
50	الشكل (42): منحى الثني للمركب المحضر من ألياف الغير المعالجة والزجاج AN50V50
51	الشكل (43): منحى الثني للمركب المحضر من البولي إيثيلين والزجاج RE+V

قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول
4	الجدول (1) أنواع الألياف النباتية.
5	الجدول (2) مزايا وعيوب الألياف الزجاجية .
11	الجدول (3) التركيب الكيميائي (%) من الألياف النباتية المختلفة.
13	الجدول (4) الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية.
14	الجدول (5) الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية والاصطناعية.
15	الجدول (6) المقارنة بين الألياف الطبيعية وألياف الزجاج .
19	الجدول رقم (6) مراحل تطور المواد المركبة .
21	الجدول (7) خصائص الراتنجات المتلدنة حراريا (TP) .
22	الجدول (8) خصائص الراتنجات المتصلبة حراريا .
23	الجدول (9) مقارنة بين الراتنجات المتلدنة حراريا والمتصلبة حراريا .
23	الجدول (10) المقاومة الكيميائية لراتنجات البولي أستر.
24	الجدول (11) الخصائص المتوسطة للمكونات المستعملة في راتنجات متصلبة حراريا .
24	الجدول (12) مميزات وسلبيات راتنجات البولي أستر .
25	الجدول رقم (13) بتصريف : تصنيف المواد المركبة وفقا للمادة الرابطة .
26	الجدول رقم (14) مزايا وعيوب المواد المركبة المصنفة وفقا للمادة الرابطة .
30	الجدول (15) يوضح قياس القالب للعينات الخاصة لإختبار الثني.
41	الجدول (16) مقارنة لدرجة حرارة التحلل للألياف.
44	الجدول (17) اهتزاز المجموعات الوظيفية المميزة للألياف النباتية.
47	الجدول (18) مؤشر التبلور لألياف الحلفاء المعالجة وغير المعالجة.

قائمة الاختصارات

CMC: المواد المركبة ذات الرابط السيراميكي

M M C: المواد المركبة ذات الرابط المعدني

P M C: المواد المركبة ذات الرابط البوليميري

MPI: مصنع أنابيب مغرب

FTIR: جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء

ATG: جهاز الوزن الحراري

FLEXION: جهاز الثني ذو ثلاث نقاط للمركبات

DRX: جهاز حيود الأشعة السينية

E(GPa): معامل يونغ

σ (MPa): إجهاد القطع

CMO: مواد مركبة ذات مصفوفة عضوية

CMM: مواد مركبة ذات مصفوفة معدنية

TP: الراتنج المرنة حراريا

TD: الراتنج المتصلبة حراريا

PVC: راتنج بولي فينيل كلوريد

UP: راتنج بولي استر غير مشبع

CrI(%): معامل التبلور

I₀₀₂: شدة النبض الرئيسي للسيليلوز I عند زاوية 20.

I_{am}: شدة النبض المقابلة للجزء اللابلوري من السيليلوز عند زاوية 20.

IAM: يميز المناطق غير البلورية

Fmax: القوة المطبقة

UTAF: الحلفاء غير المعالجة

ATAF35: الحلفاء المعالجة بالصودا بنسبة 3%

ATAF65: الحلفاء المعالجة بالصودا بنسبة 6%

ATAF95: الحلفاء المعالجة بالصودا بنسبة 9%

خلاصة عامة:

هذا العمل يعتمد على تطوير مواد مركبة ذات أساس من البولي أستر (UP) مدعم بألياف الحلفاء حيث تم إنجاز التجارب في مصنع (أنابيب مغرب)، تم تحضير ثلاث أنواع من المركبات، المركب الأول مصفوفة البولي أستر (UP) مدعمة بألياف نبات الحلفاء المغير معالجة، وثلاث عينات أخرى معالجة بالصودا مختلفة التراكيز (3%، 6%، 9%).

المركب الثاني يتكون من الراتنج البولي أستر (UP) مدعم بخليط من الألياف الزجاجية بنسبة 50%؛ والحلفاء الغير معالجة بنفس النسبة (50%)، المركب الثالث يتكون من الراتنج البولي أستر (UP) مقوى بألياف زجاجية من

بيروت الاختبارات المستعملة:

إختبار التشخيص باستعمال جهاز التحليل الوزني الحراري(ATG)

أظهرت ارتفاع في درجة حرارة التحلل السيليلوزي للألياف المعالجة بالصودا مع فقدان معظم الكتلة مقارنة بدرجة الحرارة اللازمة لتحلل السيليلوز في الألياف الغير معالجة، وبالتالي يمكن نقول إن المعالجة بالصودا تحسن من الخصائص الحرارية حيث لاحظنا أن الألياف الغير معالجة تتحلل حراري عند درجة حرارة 253.48 درجة مئوية في حين أن الألياف المعالجة تتحلل حراريا في درجات حرارة أعلى.

إختبار جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء FTIR للعينات المعالجة والغير معالجة

اختبار من خلال إختبار FTIR، لكل العينات لاحظنا من خلال هذه المنحنيات نلاحظ أن هناك انخفاض كبير في القيمة الامتصاص عند 3340.38Cm^{-1} للينة FVAT95 والتي تمثل قمة امتصاص لمجموعة الهيدروكسيل - OH في السيليلوز، وكذلك باقي العينات مقارنة مع الألياف الغير معالجة. أيضا نبض الامتصاص عند 2923.01Cm^{-1} و 3000Cm^{-1} تمثل مجموعات السيليلوز CH_2 و CH

وأیضا 1000Cm^{-1} إلى 500Cm^{-1} ظهور نبض السيليلوز مجموعة شدتها في الألياف المعالجة مرتفعة بإستثناء الألياف لغير المعالجة.

كما أن هناك ازالة معتبرة للهيميسيليلوز وهذا واضح عند القمة 1718.80Cm^{-1} والتي تختفي في جميع ألياف الحلفاء المعالجة.

بالإضافة إلى ذروة عند 1641سم^{-1} حيث تُعزى الذروة إلى تشوه في جذر OH، بسبب الخاصية الهيدروفيلية لألياف الحلفاء. كما ترتبط الذروة عند حوالي 1021.08سم^{-1} مع اهتزاز رابطة ثاني أكسيد الكربون للسيليلوز والتي تظهر في جميع ألياف الحلفاء المعالجة وغير المعالجة. تتوافق الذروة عند 1238سم^{-1} مع اهتزاز مجموعة الأستيل (C = O) للجنين. تنخفض شدة هذه الذروة، ويرجع ذلك لإزالة اللجينين من سطح الألياف. كل هذه النتائج تؤكد أن المعالجة الكيميائية لألياف الحلفاء ضرورية لإزالة الهيميسيليلوز واللجينين.

مقدمة :

نظرا لأهمية الألياف النباتية والطريقة السهلة للحصول عليها بدون أثمان باهظة أو أجهزة متطورة ،حيث استخدمها الإنسان في الصناعات التقليدية مثال صناعة الحصير ،السلال... الخ .

وأيضاً نظراً لخصائصها المميزة من حيث خفة وزنها و قلة تكلفتها و قابلية تحللها و نتيجة لتوفرها بكثرة خاصة في شمال إفريقيا جعل الباحثين يستخدمونها في ميادين مختلفة ،حيث أصبحت تستعمل بنسبة تفوق 20 % سنويا في مجال السيارات وبنسبة تفوق 50 % في مجال البناء والتعمير ،حيث نجد أن المركبات العضوية المقواة بالألياف النباتية جيدة وتنافس المركبات المقواه بالألياف المعدنية والألياف الزجاجية ،وهذا طبقا لاملاكها خصائص مميزة، إلا أن المشكلة التي تواجه الباحثين في تحضير المركبات هو عدم التوافق بين الألياف النباتية كمواد تقوية و بين الراتنجات المستعملة كحاضنة (مصفوفة) نظرا لأن الألياف النباتية لها خاصية محبة للرطوبة (hydrophile) بينما الراتنجات لها خاصية كارهة للرطوبة (hydrophobe) مما يسبب ضعفا في الالتصاق بينهما و لهذا الغرض فإننا قمنا بالمعالجة الكيميائية بالصودا NaOH مختلفة التراكيز (3% ، 6% ، 9%) . لتحضير مواد مركبة تتكون من البولي أستر غير مشبع مقواة بألياف نبات الحلفاء.

أجرينا اختبارات الثني ذو ثلاث نقاط ،الاشعة تحت الحمراء ،التحليل الوزني الحراري ، الأشعة السينية و مقارنتها بالعينات غير المعالجة حيث تم تحضير المركبات في مخبر مصنع مغرب انابيب المتواجد في المسيلة .

كما قسمنا هذا العمل إلى أربعة فصول هي:

الفصل الأول:دراسة نظرية للألياف النباتية.

الفصل الثاني:المواد المركبة .

الفصل الثالث:الطرائق والأجهزة المستعملة .

الفصل الرابع:النتائج ومناقشتها.

خاتمة

الفصل الأول

الدراسة النظرية للألياف النباتية

الفصل الأول ————— الدراسة النظرية للألياف النباتية

تمهيد :

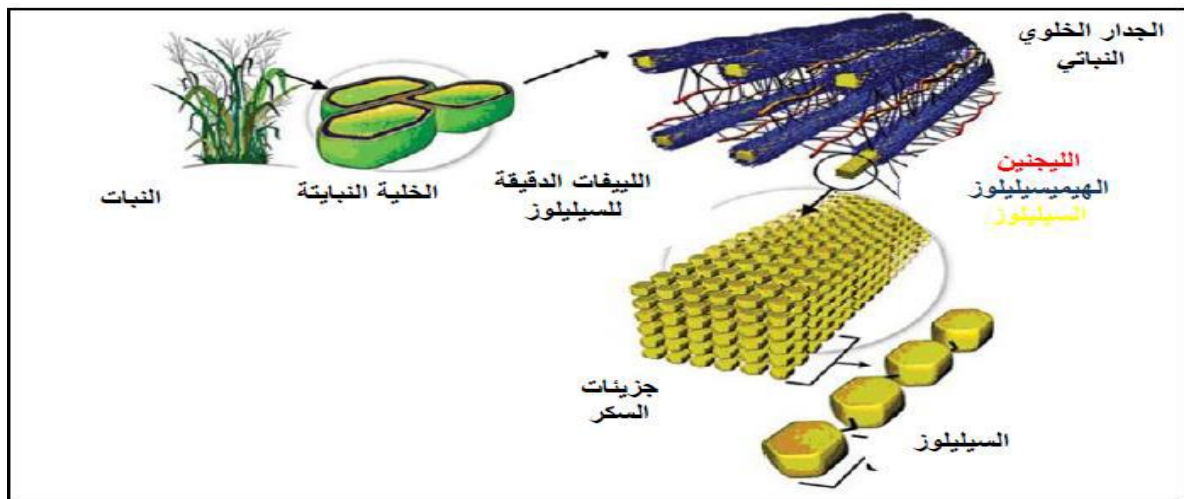
الألياف هو مصطلح يطلق على المواد التي تكون على شكل حبال أو خيوط طويلة ذات أقطار صغيرة جدا تتراوح من (3 µm - 10 µm) [1] ، وهي تستعمل في تقوية المركبات البوليميرية، ومن أهمها تجد الألياف النباتية الألياف المعدنية ، الألياف الحيوانية ، والألياف الإصطناعية، ولها خواص ميكانيكية متميزة مثل مقاومة الإجهادات، الصلابة وخاصة العزل ضد الصوت والحرارة.

1.I تعريف الألياف النباتية:

تأتي الألياف النباتية من الكتلة الحيوية ، ويمكن استخلاصها من الفاكهة أو الجذع أو أوراق النبات ، وهي تتكون أساساً من السليلوز ، والهيميسليلوز ، واللجنين والبكتين. وهي تستخدم أساساً لمزاياها التي لا تضاهى: كثافتها المنخفضة ، وقوتها العازلة للحرارة. الخواص الميكانيكية ، وخاصة فيما يتعلق بقابليتها للتحلل البيولوجي والمزايا البيئية [2] ستكون هذه الفئة من الألياف موضوعنا (ألياف نباتية) وستتم دراستها بالتفصيل.

2.I بنية الألياف النباتية:

يتكون الجدار الخلوي النباتي من ليفات دقيقة حيث أن كل ليف على شكل مركب متعدد الطبقات، حيث يلعب اللجنين والهيميسليلوز دور المصوفة التي تحيط بعنصر بنيوي صلب جدا وهو السليلوز كما هو مبين في الشكل (1) [3] . تتكون البنية البيولوجية للألياف أساساً من الهولوسليلوز (holocellulose) وهو عبارة عن السليلوز والهيميسليلوز والخشبين (اللجنين) والدباغ (البكتين) [4]. وينسب أقل تحتوي الألياف مواد قابلة لاستخلاص (extractible) بروتينات وبعض المركبات غير العضوية [5]، كما أن نسبة الهولوسليلوز واللجنين تختلف وفق طبيعة الألياف النباتية (الخشب، قصب السكر...).



الشكل (1) البنية العامة للمادة النباتية [6].

الفصل الأول ————— الدراسة النظرية للألياف النباتية

3.I. تصنيف الألياف النباتية:

تنقسم الألياف بشكل أساسي إلى ألياف طبيعية، وألياف اصطناعية كما هو في الشكل تتميز لألياف الطبيعية بأشكال عام بخواص معينة ، فهي تتفكك بيولوجيا، ويمكن الحصول عليها من مصادر متجددة، بينما تتميز الألياف الاصطناعية بقوتها، متانتها، قلة تكلفتها، و إمكانية أكبر لتعديل خواصها وتركيبها الكيميائي، إن بنية الألياف الطبيعية والاصطناعية مختلفة تماما، لكن بالإمكان أن نقوم بهندسة الألياف الاصطناعية بحيث تصبح تشبه الألياف الطبيعية [7].

1.3.I. الألياف الإصطناعية:

وهي تعتمد علي مصادر بتروكيميائية وذلك لتشكيل البوليميرات على شكل خيوط تمتاز بمقاومة شديدة للتشوه و قوة شد عالية، ضعف امتصاصها للرطوبة ولها درجة تبلور عالية، من أمثلة هذه الألياف البولي أستر مع العلم أنه توجد عدة أصناف من الألياف الاصطناعية [8] ، ومن بينها الأصناف الموضحة في الجدول (1)

الجدول (1): أنواع الألياف النباتية

الألياف الإصطناعية	
synthétique naturels : ألياف تركيبية طبيعية	synthétique : ألياف تركيبية
ألياف سيليلوزية: - ألياف الفيسكور - ألياف الحرير الاصطناعي - ألياف أكسيد النحاس النشاردي	- بولي أميد - بولي إستر - بولي فينيل - بولي أوليفين polyoléfine

تدخل الألياف الاصطناعية في تكوين معظم البوليميرات المستعملة في الصناعات الحديثة ولذلك يجب الحرص على أنها تتمتع بصفات فيزيائية وكيميائية معينة [8] مثل:

- وجود قوى جزيئية عالية بين سلاسل البوليميرات.
- درجة الانصهار و التلين عالية نسبيا.
- يجب أن تكون الألياف مقاومة للإشعال، غير سامة وغير مسببة للحساسية مثل:

الفصل الأول _____ الدراسة النظرية للألياف النباتية

1.1.3.I ألياف الزجاج:

هي الألياف الأكثر استعمالاً في تشكيل المواد المركبة، وتشكل السيليكا (SiO_2) المادة الأولية لها وقد تضاف بعض الأكاسيد الأخرى مثل: Al_2O_3 ، B_2O_3 ، O_3 لتحسين عملية الإنتاج من خلال خفض درجة حرارة الانصهار. فبنية ألياف الزجاج عبارة عن شبكة ثلاثية الأبعاد من السيلكون والأكسجين وذرات أخرى وتوضع بشكل عشوائي إلى جانب بعضها البعض لهذا، فإن ألياف الزجاج ذات بنية عشوائية غير بلورية ومتماثلة المناحي (ISOTOPICR) بالتالي فإن الخواص الميكانيكية في جميع الاتجاهات واحد يوضح الجدول (2) مزايا وعيوب الألياف الزجاجية [9].

الجدول (2) مزايا وعيوب الألياف الزجاجية [9].

المزايا	العيوب
- التكلفة منخفضة.	- معامل يونغ منخفض.
- مقاومة شد عالية نسبياً.	- الوزن النوعي عالي نسبياً.
- مقاومة كيميائية عالية.	- حساس للاحتكاك عند النقل.
- خواص عزل حراري وكهربائي عالية.	- مقاومة منخفضة للتعب.

2.1.3.I ألياف الكربون:

تمتع هذه الألياف بخصائص عالية جداً، وتحضر بداء من مواد عضوية وبطرق خاصة، تتميز الألياف الكربونية بسعر مرتفع، لكنها ذات خواص ميكانيكية عالية، وكثافة منخفضة، ومقاومة حرارية عالية، وإمكانية الاحتفاظ بخصائصها حتى 1500 درجة مئوية [10].

3.1.3.I ألياف الكيفلار(الأراميد):

تطلق عبارة الأراميد على البولي أميدات الحلقية وذلك لتمييزها عن البولي أميدات الخطية، وتتمتع الأراميد مقارنة مع البولي أسيدات الخطية بمقاومة كيميائية واستقرار حراري [10].

2.3.I. الألياف الطبيعية :

هي أقدم الألياف استعمالاً وأوسعها انتشاراً، تعتبر المصدر الثابت والمتجدد للألياف وتتوفر من مصادر طبيعية، ويمكن تصنيفها إلى حيوانية، معدنية ونباتية.

الفصل الأول _____ الدراسة النظرية للألياف النباتية

1.2.3.I ألياف طبيعية ذات أصل حيواني (ألياف بروتينية) :

هي الألياف التي يكون مصدرها حيواني وأساس هذه الألياف عبارة عن بروتينات وأهم هذه الألياف الحيوانية :

- الصوف.

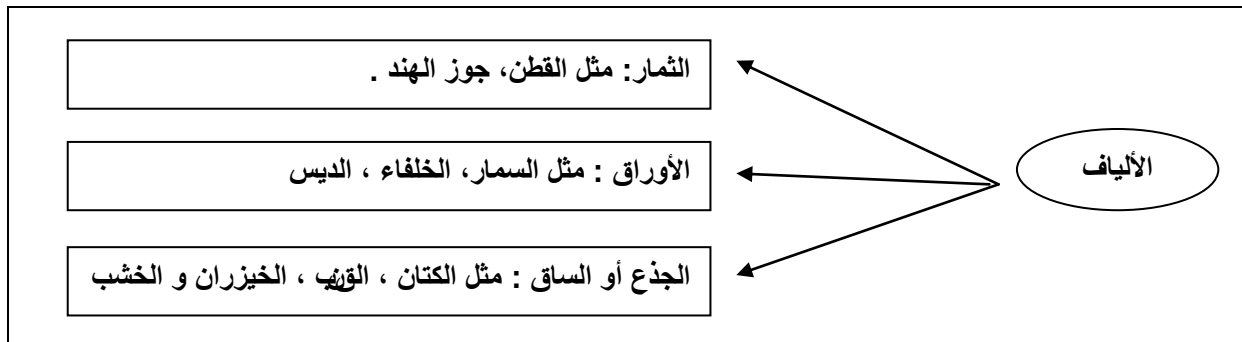
- شعر الجمل.

- شعر المعرة الفارسية.

- الحرير.

2.2.3.I ألياف طبيعية ذات أصل نباتي:

يمكن للألياف النباتية أن يتخرج من أقسام مختلفة من النباتات، الثمار، الأوراق، الساق أو من الجذور



الشكل رقم (2) تصنيف الألياف النباتية حسب مصدرها [11].

– ألياف الثمار والفواكه (les fibres de graines ou de fruits):

تعتمد أساسا على الثمار أو الحب، قصيرة ورقيقة مثل ألياف جوز الهند (fibre de coire) وألياف القطن الذي يعتبر من الألياف الطبيعية الأكثر تواجدا في العالم. وقد تجاوز حديثا إنتاجه إنتاج الألياف التركيبية تريفتالات بولي إيثيلين (Terephthate. Polyethylene PET).

– ألياف الأوراق (les fibres de feuilles):

هي عادة أكثر طولا بسبب كبر حجم الأوراق، وتستخدم في النسيج (الخياط) كما تستعمل كمواد أولية لصناعة الجبال والخياط المفتولة ومثال على ذلك السمار والحلفاء.

الفصل الأول ————— الدراسة النظرية للألياف النباتية

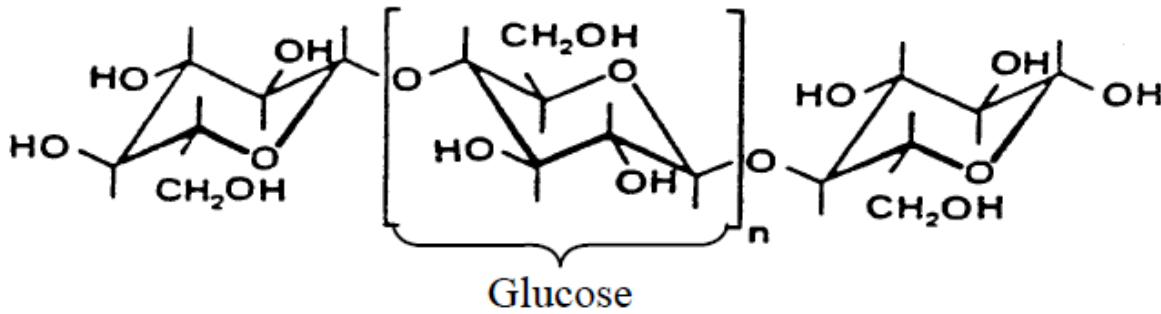
– ألياف السيقان (les fibres libériennes) :

هي على شكل حزم من الألياف منها التي تنقل الماء من الجذور إلى الأوراق وأخرى مسؤولة عن ربط نهايات الألياف ومن بينها ألياف الكتان.

I. 4. مكونات الألياف النباتية:

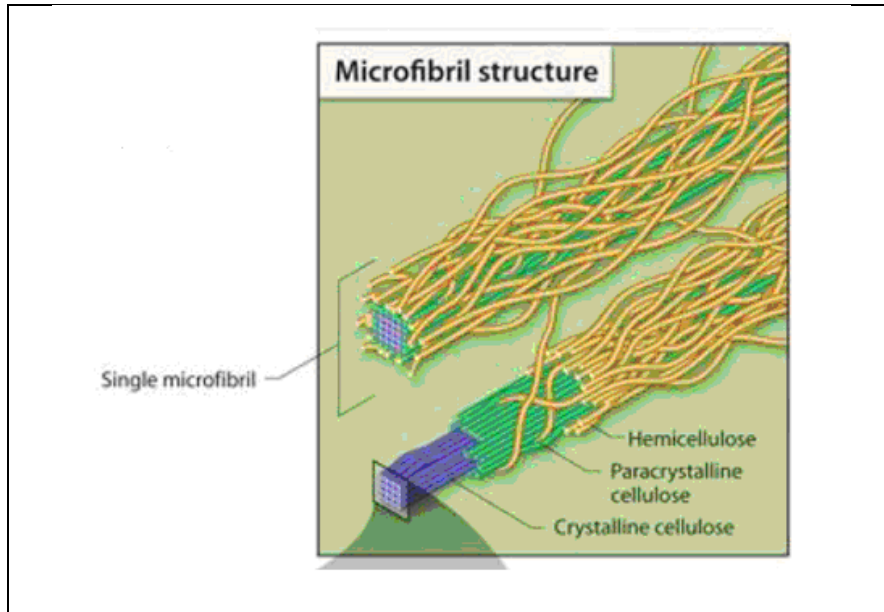
I. 4.1. السليلوز:

لسليلوز عبارة عن بوليمر طبيعي تتكون جزيئاته من سلاسل طويلة من D-anhydroglucopyranoses المرتبطة بروابط (1 -glycosidic،B- (4 في موضع C4 الشكل (3) درجة البلمرة (DP) حوالي 10000 ، يختلف اعتمادًا على نوع النبات ، كل وحدة متكررة تحتوي على ثلاث مجموعات هيدروكسيل. تلعب مجموعات الهيدروكسيل هذه وقدرتها على تكوين روابط هيدروجينية دورًا رئيسيًا في التبلور [12، 13، 14، 15]



الشكل (3) جزيئ السليلوز

تم تجميع سلاسل السليلوز في هياكل أساسية تسمى الألياف الدقيقة الشكل (4) والتي يبلغ أقطارها من 2 إلى 20 نانومتر يمكن اعتبار كل ليف دقيق على أنه سلاسل من بلورات السليلوز المرتبطة بمجالات غير متبلورة 21 وهو هيكل غير متبلور ، ويحتوي السليلوز بالفعل على بنية بلورية إلى حد كبير. هي واحدة من البوليمرات ذات أعلى معامل مرونة ، حوالي 136 جيجا باسكال مقارنة بـ 75 جيجا باسكال من الألياف الزجاجية [13 ، 16]



الشكل (4) الألياف الدقيقة للسليولوز

ترتبط خصائص السليولوز ارتباطاً وثيقاً بالكثافة العالية للروابط الهيدروجينية التي تتطور بين السلاسل على الرغم من وجود مجموعات وظيفية عالية التفاعل ، يتفاعل الهيدروكسيل والسليولوز بصعوبة. التفاعلات الجزيئية داخل السلسلة وداخلها قوية وتوفر معظم التماسك أثناء منع تغلغل الكواشف لأن تمزق هذه التفاعلات هو الشرط الأساسي لأي تفاعل

السليولوز غير قابل للذوبان في الماء ولكنه شديد المحبة للماء ، وهي خاصية في الأصل ، للألياف المستخدمة ، لراحة كبيرة كألياف نسيج تحت ظروف الاستخدام العادية ، قد تحتوي على 70% أكثر أو أقل من الماء المربوط. استبدال جزء من التفاعلات بين السلاسل بواسطة روابط هيدروجينية بين السليولوز والماء يؤدي إلى تليين المادة وبالتالي انخفاض في خصائصها الميكانيكية بينما يمكن أن يصل ضغط كسر ألياف السليولوز شديدة البلورة إلى 700 ميغا باسكال جافاً ، ويمكن أن يفقد ما يصل إلى 30% من قيمته في جو رطب .

السليولوز مقاوم للقلويات القوية ، ولكنه يتحلل بسهولة بواسطة الأحماض [16].

2.4.I. الهيميسليولوز:

الهيميسليولوز ليس شكلاً من أشكال السليولوز ، فهو يتألف من مجموعة من السكريات تتكون من مزيج من 5 و 6 حلقات كربون (يظهر مثال في الشكل 1 5). الجوانب أولاً وقبل كل شيء ، يتكون من السكريات المحايدة: الزيلوز ، والأرابينوز ، والجالاكتوز ، والجلوكوز ، والمانوز ، وأحماض اليورونيك بينما يحتوي السليولوز على BD-1.4 وحدة فقط - جلوكوبيرانوز ثانياً ، يحتوي على درجة كبيرة من التفرعات التي تحتوي على مجموعات جانبية ناتجة في حالة صحية غير متبلورة أخيراً ، في حالتها الطبيعية ، لديها درجة من البلورة بين 50 و 300 ، في حين أن السليولوز الأصلي أعلى بمقدار 100-100 مرة.

الهيميسليولوز شديد المحبة للماء ، قابل للذوبان في الوسائط القلوية ، وقابل للتحلل بسهولة في الأحماض [12 ، 14].

الفصل الأول ————— الدراسة النظرية للألياف النباتية

يحتوي الهيميسيلولوز أيضا على بنية كيميائية مختلفة جدا اعتمادا على أصل النبات أو نوع الخلية أو الموقع في الجدار أو عمر الأنسجة. من بين الهيميسيلولوز الأكثر شيوعا في جدار الخلايا الخشبية هي عائلات الزيلان والمنان والجالاكتان. أفضل فئة تمت دراستها من الهيميسيلولوز هي زيلوجلوكان الشكل (5) ، وهي تتكون من سلسلة الجلوكوز وسلاسل جانبية قصيرة من الزيلوز والجالاكتوز والفوكوز [17].

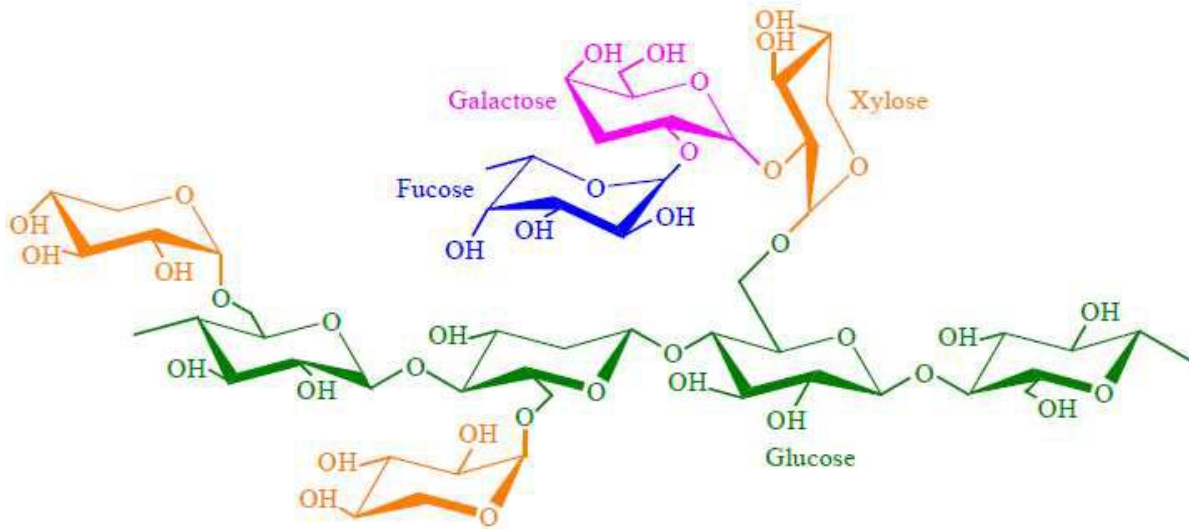


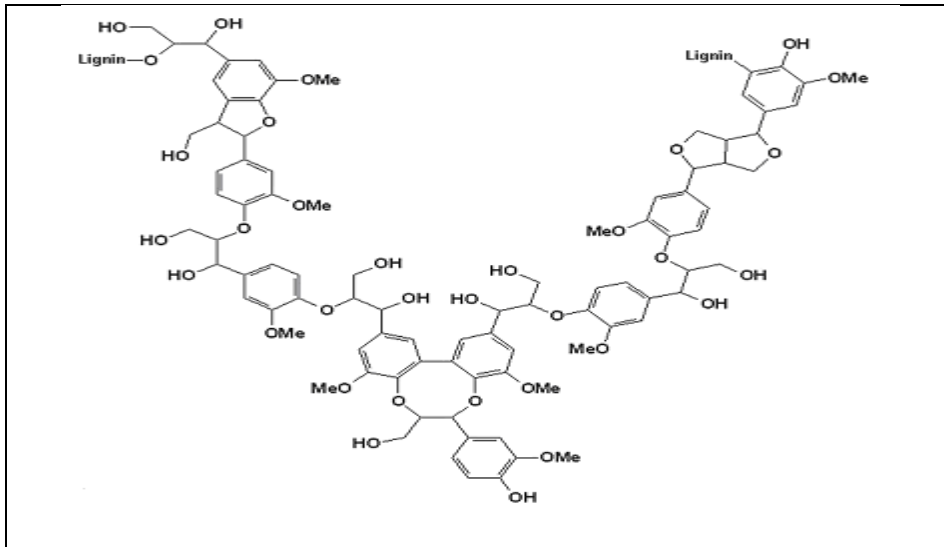
Figure I.4: Structure d'un type de xyloglucane.

الشكل (5) بنية نوع من الزيلوجلوكان [29].

3.4.I. اللجنين:

اللجنين هو جزيء كبير غير متجانس للغاية يتكون من البوليمرات العطرية. بعد السكريات، هو البوليمر الطبيعي الأكثر وفرة على وجه الأرض. إنه يساهم في الصلابة الهيكلية لجدران الخلايا ويحمي النباتات من هجوم الكائنات المسببة للأمراض. اللجنين هو جزيء ثلاثي الأبعاد تتكون من وحدات فينيل بروبان الشكل (6) الوحدات الأولية (مونوليغنونول) التي تشكل اللجنين هي كحول كونيفريل وكحول سينابيل وكحول ب-كوماريل الشكل (7) أثناء عملية اللجنين ، تتدخل الفينولوكسيدات النباتية مثل اللاكازات وتسمح ببلمرة الوحدات الأولية المختلفة بمجرد توليفها ، يرتبط اللجنين بالعديد من السكريات المختلفة لتشكيل مصفوفة مكونة لجدار النبات [15].

الفصل الأول ————— الدراسة النظرية للألياف النباتية



الشكل (6): التمثيل التخطيطي لليجنين [15].

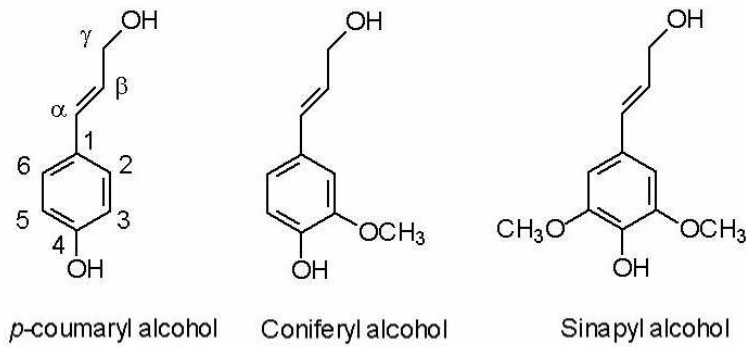


Figure 6. Structure des précurseurs de la lignine

الشكل (7): هيكل سلائف اللجنين.

للجنين غير متبلور تمامًا ومقاوم للماء ولا يتحلل بالماء عن طريق الأحماض ، ولكنه قابل للذوبان في الصودا ، ويتأكسد بسهولة ويمكن تكثيفه بسهولة باستخدام الفينول [14،18].

4.4.I البكتين:

البكتينات هي عديدات السكاريد الحمضية التي تتكون سلسلتها الرئيسية من مونومرات حمض اليورونيك المرتبطة ب 1-4 الشكل (8) [17].

بشكل منتظم، يتم إدخال جزيئات الرانوز بين هذه المونومرات عبر روابط 1-2 و 1-4. بعض وحدات الرانوز هذه تحمل سلاسل جانبية تتكون من أزهار محايدة من بينها الجالاكتور والأرابينوز هي الأكثر وفرة. هذا النوع من الرابطة بين حمض

الفصل الأول ————— الدراسة النظرية للألياف النباتية

اليورونيك وجزيئات الراموز يشكل الانحناءات الشكل (8). جزيء البكتين الكبير يشبه التعرج المتعرج. هذا الترتيب يعطيها خصائص معينة. يوفر بعض المرونة للنباتات [17].

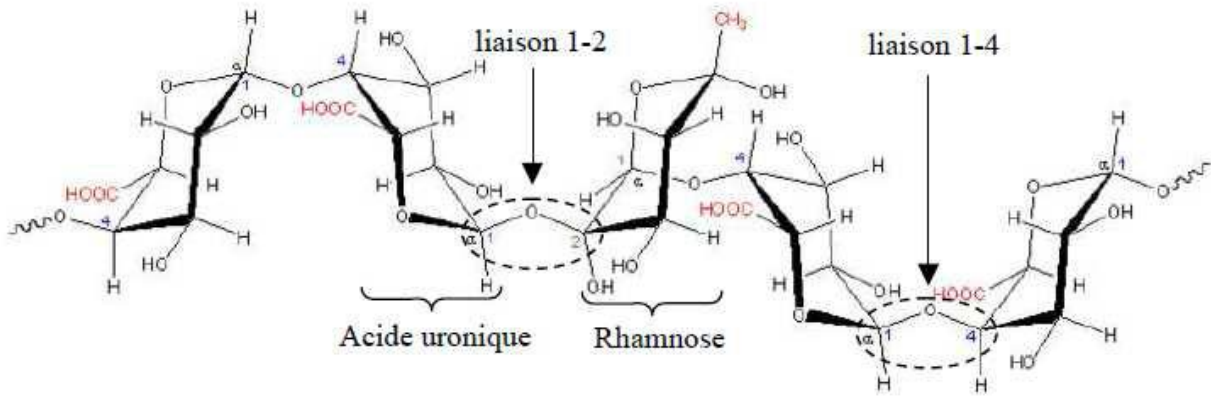


Figure I.6: Formation d'un coude par la présence de rhamnose.

الشكل (8): بنية سلسلة حمض polygalacturonic وتشكيل الكوع من خلال وجود الراموز [17].

الجدول 3 : يعطي التركيب الكيميائي والنسب المئوية لكل مادة (السليولوز، اللجنين، هيميسيلولوز، البكتين والشمع) من الألياف النباتية الأكثر استخداما على نطاق واسع في العالم [19-20].

الجدول (3): التركيب الكيميائي (%) من الألياف النباتية المختلفة

الياف	السليولوز	هيميسيلولوز	اللجنين	البكتين
القطن	85 - 90	5.7	0.7 - 1.6	0-1
الكتان	71	18.6 - 20.6	2.2	2.3
القنب	70 - 74	17.9 - 22.4	3.7 - 5.7	0.9
الجوت	61.1 - 71.5	13.6 - 20.4	12 - 13	0.2
الرامي	68.6 - 76.2	13.1 - 16.7	0.6 - 0.7	1.9
السيزال	66 - 78	10 - 14	10 - 14	10
ثمرالورد	32 - 43	0.15 - 0.25	40 - 45	3 - 4
الحلفاء	45	24	24	5

الفصل الأول ————— الدراسة النظرية للألياف النباتية

5.I الخصائص الميكانيكية للألياف النباتية:

الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية مقارنة بألياف الزجاج المستعملة في أغلب الأحيان هي مبينة في الجدول (4) . ومن خلال هذا الجدول يتبين التشابه في معامل يونغ بين الألياف الطبيعية والزجاجية، بينما مقاومة الشد لألياف لزجاج أكبر منها في الألياف الطبيعية، ومع ذلك فإن المعامل النوعي (معامل / الثقل النوعي) لكل من الزجاج والألياف الطبيعية قابل للمقارنة، وفي بعض الحالات، تكون قيمة الألياف الطبيعية أفضل من الألياف الزجاجية. تعتبر هذه الخصائص

النوعية العالية جدا هي واحدة من المزايا الرئيسية التي تجعل الألياف الطبيعية تستخدم كتعزيز في مركبات البوليمير للتطبيقات التي من بين أهدافها هو الحد من الوزن.

الفصل الأول _____ الدراسة النظرية للألياف النباتية

الجدول (4) الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية [21]

الكثافة (g/cm ³)	الاستطالة عند الكسر %	معامل يونغ (E) (Gpa)	إجهاد الشد (O) (MPa)	الليف
1.5	10-3	12	400	الأباكا
0.89	5.8	22	350	الحلفاء
1.25	-	17	290	ثقل قصب السكر (Bagasse)
1.1-0.6	-	17-11	230-140	الخيزران
1.35	5.9	12	500	الموز
1.2	30	6-4	175	جوز الهند
1.6-1.5	8-7	12.6-5.5	597-287	القطن
1.4	4.3-3.7	11.8	500	الكوراوا (Curaua)
1.2-1	4.5-2	5.4-2.5	196-97	النخيل
1.5	2.7-3.2	27.6	345	الكتان
1.48	1.6	70	690	القنب (Hemp)
1.2	1.1±4.8	3.1±13.2	70±500	Henequen
1.3	1.8-1.5	26.5	773-393	الجوت
-	1.6	53	930	التيل (Kenaf)
1.55-0.7	25	3.2	248	زيت النخيل
1.6-0.8	14.5	1.44	627-400	الأناناس
1.5	2.5	24.5	560	الرامي
1.5	2.5-2.0	22-9.4	635-511	السيزال

6.I المقارنة بين الخصائص الميكانيكية للألياف الطبيعية والإصطناعية:

رغم كون الخصائص الميكانيكية للألياف الطبيعية أقل من نظيرتها الاصطناعية، إلا أن الألياف الطبيعية تستعمل

كتعزيز في المواد المركبة. وقد تم استخدامها في بعض التطبيقات التي تتطلب بعض الخصائص مثل الانحناء و التوتر كما هو الحال بالنسبة للقوائم المستخدمة في المقاعد [22]. الجدول (5) يظهر بعض الخصائص الميكانيكية لمجموعة من الألياف النباتية والاصطناعية [23 - 24].

الفصل الأول _____ الدراسة النظرية للألياف النباتية

الجدول (5) الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية والاصطناعية.

نوع الألياف	الكتلة الحجمية (g/cm ³)	القطر (μm)	معامل الشد (Mpa)	معامل يونغ (Gpa)	استطالة القطع (%)
الجوت	1.45-1.3	200-20	773-393	26.5-13	8-7.1
الكتان	3-1.5	-	1100-45	27.6	3.2-2.7
القتب	-	-	690	-	1.6
الرامي	1.5	-	938-400	128-61.4	3.8-1.2
السيزال	1.45	200-50	640-468	22-9.4	7-3.1
النخيل	-	80-20	1627-413	82.51-34.5	1.6
القطن	1.6-1.5	-	800-287	12.6-5.5	8-7.1
جوز الهند	1.15	450-100	175-131	6-4.1	40-15
ألياف الزجاج	2.5	-	3500-2000	70	2.5
ألياف الفولان	2.5	-	4570	86	2.8
الاراميد	1.4	-	3150-3000	67-63	3.7-3.3
ألياف الكربون	1.7	-	4000	240-230	1.8-1.4

كون الألياف الطبيعية هي أقل تكلفة و أقل ضررا على البيئة من الألياف الاصطناعية [22] ، فهذا يرشحها لأن تكون

بديلا عن نظيرتها الاصطناعية، يمكن القول بأن الألياف الطبيعية تحتل مكانة جيدة للغاية ، يمكن أن تنافس الألياف الاصطناعية والجدول (6) يلخص مزايا الألياف الطبيعية مقارنة بالاصطناعية.

بالنسبة للجوانب البيئية التي تؤخذ بعين الاعتبار، هو كون الألياف الطبيعية عادة يكون لها رصيد صاف من كمية غاز CO₂ المنبعث أقل منها في الألياف الاصطناعية [25] . وتستهلك طاقة أقل أثناء التصنيع، وهي قابلة للتحلل الحيوي وضررها على الأجهزة المستعملة في التصنيع عادة ما يكون أقل منها عند استعمال الألياف الزجاجية أو الكربون [26] .. وثمة نقطة أخيرة للمقارنة هي كثافة الألياف الطبيعية التي تكون عادة أقل من الألياف الاصطناعية، هذا العامل يمكن أن يكون عنصرا رئيسيا بالنسبة لقطاع النقل ، حيث كون تخفيض الوزن يعني انخفاض في استهلاك الطاقة.

الفصل الأول _____ الدراسة النظرية للألياف النباتية

الجدول (6) المقارنة بين الألياف الطبيعية وألياف الزجاج [27].

الخصائص	الألياف الطبيعية	ألياف الزجاج
الكتلة الحجمية	ضعيفة	ضعف الألياف الطبيعية
الكثافة	ضعيفة	ضعيفة ولكن أكبر من الألياف الطبيعية
قابلة للتجديد	نعم	لا
قابلة للإسترجاع	نعم	لا
إستهلاك الطاقة	ضعيفة	مرتفع
التوزيع	عريض	عريض
كربون حيادي	نعم	لا
إتلاف الماكينات	لا	نعم
خطر الصحة	لا	نعم
التحلل الحيوي	لا	نعم

7.I نبات الحلفاء:

1.7.I ألياف نبات الحلفاء:

نبات له أغصان كثيرة ودقيقة بلا ورق يخرج قضباناً ليس لها شوك إلا أن أطرافها محدبة، وهي غير متشعبة، الحلفاء نبات عشبي ومتوسطي من الفصيلة النخيلية يبلغ طوله حوالي متر واحد وأحياناً يصل إلي مترين ساقه أسطوانية رفيعة قائمة متفرعة من الأسفل ويمثل النبات للون البني عند النضج وتزهو في أواخر الربيع، هو نبات معمر في طبيعة نموه تنمو هذه النبتة في الصحراء والسهوب. اقتصادياً يعتبر كمادة أولية لصناعة الورق وخاصة ورق الطباعة الجيد، صناعة الحصير للتدفئة ويستغل كمراعي كما تساهم بشكل فعال في تثبيت التربة لمنعها من الانحراف [28].



الشكل (9) نبات الحلفاء الطبيعية.

I. 2.7 خصائص نبات الحلفاء:

- سهولة الحصول عليها ونزوعها.
- تتميز بشكل سيفانها المساعدة على استخدامها حسب الحاجة.
- ميكانيكية السيقان من ناحية الشدة ومقاومة القطع [28].

الفصل الثاني

المواد المركبة

1.II تعريف المواد المركبة (Composites):

المواد المركبة هي اجتماع مادتين مختلفتين أو أكثر عبر سطح بيني بهدف الحصول على مادة جديدة تتفوق في أدائها على مكوناتها منفردة. من هنا، تكون المواد المركبة غير متجانسة وغير موحدة المناحي وتمتلك خصائص عالية لا يمكن الحصول عليها باستخدام المواد التقليدية. يحدث اجتماع المواد المكونة على مستويات بنوية مختلفة تبدأ من المقياس الجهري الماكروي (Macroscopic scale) إلى المقياس الميكروي (Microscopic scale) وحتى المقياس النانومتري (Nanocomposite) [29]

II 2. تطور المواد المركبة:

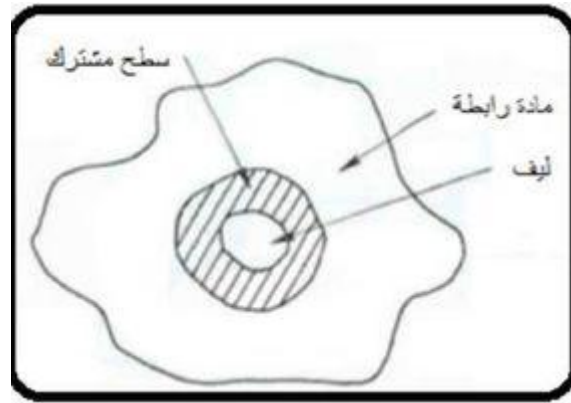
بدأ الإنسان استعمال المواد المركبة منذ زمن بعيد وتطورت تقاناتها خلال القرن العشرين . يوضح الجدول رقم (7) أهم مراحل تطور هذه المواد.

الجدول رقم (7) مراحل تطور المواد المركبة [29].

تاريخ المواد المركبة	
1500 سنة قبل الميلاد.	البناء باستخدام الطوب من الغضار والقش والماء.
1000 سنة قبل الميلاد .	لقوس متعدد الطبقات الذي صنع من أوتار الحيوانات والخشب والحديد.
1910 ميلادي.	شرب النسيج بالراتنج لاستخدامه في الطائرات.
1930 ميلادي.	لمواد المركبة نسيج - راتنج الفينول.
1936 ميلادي.	براءة اختراع البولي استر .
1938 ميلادي.	إنتاج وطرح ألياف الزجاج للبيع من قبل شركة Owens corning
1942 ميلادي.	صناعة البلاستيك المقوى بألياف الزجاج في القاعدة الجوية Wright Patterson.
1956 ميلادي.	تصنيع ألياف السيراميك المستمرة.
1959 ميلادي.	تصنيع ألياف الكربون من قبل شركة Union Carbide.
1961 ميلادي.	صنيع ألياف الكربون PAN من قبل شركة Shido - اليابانية.
1971 ميلادي.	تصنيع ألياف الكيفلار.
1985 ميلادي.	تصنيع ألياف البولي ايثيلين عالي الوزن الجزيئي.
1990 ميلادي.	لتوجه مجددا لاستعمال الألياف الطبيعية في صناعة المواد المركبة.

3.II مكونات المواد المركبة :

تتكون المواد المركبة من مادة أو أكثر غير مستمرة موزعة في مادة أخرى مستمرة، وفي الحالة الطبيعية تكون المادة غير المستمرة أقوى وأكثر متانة من المادة المستمرة. ولهذا، يطلق على المادة غير المستمرة اسم مادة التقوية وتكون على أشكال متعددة: حبيبات (Particulates) صفائح (Flakes) ، ألياف (Fibers)، صفيحة (Lamina) والتي تكون مسؤولة عن الخصائص الميكانيكية للمواد المركبة - الشكل رقم (10). ويطلق على المادة المستمرة اسم المادة الرابطة (Matrix) أو الحاضنة لمادة التقوية. وتكون مسؤولة عن تماسك المادة المركبة وحمايتها من العوامل الخارجية [29]



الشكل رقم (10): السطح البيني ليف- مادة رابطة

1.3. II التعزيز (Renfort):

تعرف مواد التقوية بمثابة الهيكل أو الإطار الذي يضمن الخاصية الميكانيكية (مقاومة القطع والصلابة) ويكون غالبا ذو طبيعة ليفية ، سواء كان مادة عضوية أو غير عضوية وتتكون من مئات أو الاف الخيوط والتي أقطارها تتراوح ما بين 5 إلى 15 μm [30]. إن مواد التقوية المتكونة من الألياف تكون ممثلة بالأشكال التالية خطية (خ يطة ، فتائل)، أنسجة سطحية (نسيج ، حصيرة)، متعددة الاتجاهات (جديلة Tresse ، نسيج معقد ، نسيج ثلاثي الاتجاه أو أكثر) [31] لئلا لديها أنواع عديدة بعضها إصطناعية مثل الكيفلار وألياف الكربون أو الزجاج ، والبعض الآخر هي من أصل عضوي مثل الكتان والجوت والقنب أو اللجنين (الخشب).

2.3. II المصفوفة (Matric):

المصفوفة هي الرابط الذي يسمح بتثبيت الألياف ويضمن الارتباط الميكانيكي بينها وتقسّم إلى ثلاثة أقسام: عضوية، خزفية ومعدنية، كما أن للمصفوفة وظائف متعددة حيث تضمن الإرتباط بين الألياف ، تحفظها بداخلها ، كما أنها تضمن حماية للألياف ضد التأثيرات الخارجية للمركب (فيزيائية كيميائية) [32].

II 4. أنواع المصفوفات :

هناك نوعين أساسيين من الراتنجات المستعملة حاليا ، وكل منها يحمل خصائص مختلفة تماما عن الآخر المرنة حراريا والمتصلبة حراريا [33].

II 1.4. المصفوفات العضوية (matrices organiques)

II 1.1.4. المصفوفة المرنة حرارية (TP)

هـذا النوع من المصفوفات تتكون من جزيئات خطية كبيرة والتي يمكنها أن تتحرك فيما بينها عندما نرفع من درجة الحرارة في وجود طاقة حرارية تتحول المصفوفة من حالة صلبة إلى حالة مرنة ، مثال على ذلك متعدد كلوريد الفينيل (PVC) ومتعدد الإيثيلين ، هذا التحول عكوس [34].

• خصائص المصفوفة المرنة حراريا:

إن المواد الأكثر كفاءة هي التي لها خصائص ميكانيكية عالية وكتلة حجمية ضعيفة كما هو موضح في الجدول (8) [36].

الجدول (8) خصائص الراتنجات المتلدنة حراريا (TP) [37].

E(GPa)	σ_r (MPa)	ρ الكثافة	T_f (°C)	T_g (°C)	البوليمير
1.2	30	0.92	165	50	بولي بروبيلين (PP)
4-3	60-40	1.25	150	60-50	حمض بولي لكتيك (PLA)
1.1	28	0.95	134	100	بولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE)
2.9	58	1.39	160-220	75-100	بولي كلوريد الفينيل (PVC)
3.2	55	1.05	-	90-100	بولي ستيرين (PS)
2.6	47	1.30	255-265	70	بولي إيثيلين تريفثالات نصف بلوري (PET)
2.5	50	1.05	-	90-120	أكريلونيتريل بيوتاديين ستيرين في حالة لابلورية (ABS)

E:معامل يونغ، σ_r : إجهاد القطع ، T_f : درجة حرارة الانصهار، T_g : درجة حرارة الطور الجيلاتيني

الفصل الأول ————— الدراسة النظرية للألياف النباتية

II. 2.1.4 المصفوفة المتصلبة حراريا (TD) :

تستعمل مع الراتنجات المتصلبة حراريا (TD) عموما الألياف الطويلة ، يتصلب هذا النوع من الراتنجات مرة واحدة أثناء التسخين وفق الشكل المرغوب فيه، هذا التحول ليعكس [35] .

• خصائص المصفوفة المتصلبة حراريا (TD) :

بسبب هشاشتها فإنها تستخدم في بعض الحالات الاستثنائية بدون تعزيزات. كذلك ونظرا لخصائصها الميكانيكية الحرارية العالية فهي الأكثر استخداما حاليا. من بين أهم الراتنجات المتصلبة بالحرارة المستعملة: البولي أسترات غير المشبعة (البولي استر المكثف، فينيل الأسترات،... الخ)، وراتنجات التكتيف (الفينوليك، الأمينوبلاست، والفيرانيك،... الخ) وراتنجات الإيبوكسيدات [38]. المواد المركبة الأكثر كفاءة، لها خصائص ميكانيكية عالية وكتلة حجمية ضعيفة، هذه الخصائص موضحة في الجدول (9).

الجدول (9) خصائص الراتنجات المتصلبة حراريا [37].

$T_{MAX}(^{\circ}C)$	σ_r (MPa)	E(GPa)	الكثافة ρ	البوليمير
90-200	130	4.5	1.2	الإيبوكسيد
100	30	0.7 - 7	1.1	الإريتان
60-200	80	4	1.2	بولي استر غير مشبع (UP)
140	40 - 80	6 - 10	1.2 - 1.5	يوريا فورمالدهيد (UF)
80-300	35 - 60	3 - 4	1.1 - 1.3	فينول فورمالدهيد (PF)

E:معامل يونغ، $r\sigma$: إجهاد القطع ، T_{MAX} : درجة الإستعمال القصوى.

- إن الخصائص بين هذين النوعين من المصفوفة مختلفة ولذلك يختلف مجال استعمال كل واحد منها. ويمكن إجراء مقارنة بين خصائص الراتنجات المتصلبة حراريا والأخرى المتلدنة حراريا وهي ممثلة في الجدول (10). هذا ونشير بأن المصفوفة المكونة للمادة المركبة في دراستنا هذه هي من نوع الراتنج المتصلب حراريا وهو بولي إستر غير مشبع (UP).

الفصل الأول _____ الدراسة النظرية للألياف النباتية

الجدول (10): مقارنة بين الراتنجات المتلدنة حراريا والمتصلبة حراريا [39].

المصنوفات المتصلبة حراريا	المصنوفات المتلدنة حراريا	المعايير الأساسية
سائل لزج للبلمرة	صلب (قبل الاستعمال متبلمر)	الحالة الأساسية
زمن منخفض (الأخذ بحذر)	غير محدود	تخزين المادة الأساسية
سهل	صعب	قابلية التبيل للتعزيزات
تسخين مستمر	تسخين (انصهار+تبريد التثبيت)	الصب (القولبة)
قصير	أطول (التبريد)	الدورة
محدودة	جيدة	المقاومة للصدم
أفضل	منخفضة	المقاومة الحرارية
ضائع	قابلة للاسترجاع	بقايا وفضلات

- الراتنجات المتصلبة حراريا الأكثر استعمالا هي :

• راتنج بولي أستر (UP) :

الراتنج المتعدد الأستر غير مشبعة وهو من بين الراتنجات الأكثر استعمالا في المركبات ذات الانتشار العالي ، الذي يتصلب تحت تأثير المحفزات وفعل الحرارة سلبياته إنبعث بخار الستيرين أثناء البلمرة وصعوبة التخزين [40] .

- خصائص راتنجات البولي أستر غير المشبع:

- الخصائص الكيميائية والفيزيائية:

بالنسبة لراتنجات البولي أستر لديها مظهرين ضعيفين كيميائيان وذلك من وجهة نظر بنيتها: مجموعات الأستر القابلة للتمييز، والجذور الستيرينية والتي هي حساسة للمؤكسدات والمذيبات الجدول (11) يشمل على الكواشف التي تهاجم الراتنجات وتلك التي تقاومها الراتنجات. كما يعتبر التميّة عامل غير مهم بالنسبة لمركبات البولي أستر ذات الاستعمالات البحرية. لهذا السبب عموما يكون من الضروري حمايتها بطبقة من الجلوتين (Gel-coat) مشكلة خصيصا لمقاومة الوسط البحري [41] .

الفصل الأول _____ الدراسة النظرية للألياف النباتية

الجدول (11) المقاومة الكيميائية لراتنجات البولي أستر [41].

المواد التي يقاومها الراتنج	المواد التي تهاجم الراتنج
الأحماض إلى غاية تراكيز 20%	القلوية (التصبن)
الأملاح	الأحماض المرجعة
الكحولات	السيستونات
الهيدروكربونات عند الدرجة العادية من الحرارة	المذيبات الهالوجينية

خلافًا لذلك فإن تفاعل البلمرة لراتنج البولي أستر يكون مصحوبا بتقلص قوي . حيث يكون في حدود من 5 إلى 10 % بالحجم ويشكل خاصية معيقة ينبغي أخذها بعين الاعتبار أثناء تصميم عملية القولبة . يمكن أيضا أن يولد هذا التقلص إجهادات متبقية غير مهملة في قطع المركبات، هذا يترجم بانضغاط قطري لألياف التقوية.

الخصائص الميكانيكية:

تمثل راتنجات البولي أستر خصائص ميكانيكية جيدة وخاصة فيما يتعلق بالصلابة (معامل يونغ) . من ناحية أخرى، فإن الإجهاد واستطالة القطع لها تبقى أقل منها في راتنجات الإيبوكسيد والفينيل أستر الجدول (12).

الجدول (12) الخصائص المتوسطة للمكونات المستعملة في راتنجات متصلبة حراريا [42].

البوليمير	الكتلة النوعية dm ³ /(Kg	مقاومة الشد (MPa)	معامل الإنحناء (GPa)	المقاومة للحرارة (°C)
البولي أستر	1,15-1,2	50-65	2.9-3.1	120
فينيل أستر	1.15	70-85	3.4-3,5	100-140
فينوليك	1.2	40-50	3	120-150
إيبوكسيد	1,1-1,4	50-120	3	120-200
بولي إيريتران	1,1-1,5	20-50	1	100-120
بولي إيميد	1,3-1,4	30-40	4	250-300

وفي الأخير فإن استخدام هذا النوع من الراتنج يقدم العديد من المزايا بما في ذلك سهولة التنفيذ . ولدمج هذا النوع من المصنوفة في المواد المركبة، فإنه من الضروري معرفة بعض الإيجابيات والسلبيات لهذا الراتنج والتي هي مدرجة في الجدول (13) .

الفصل الأول ————— الدراسة النظرية للألياف النباتية

الجدول (13) مميزات وسلبيات راتنجات البولي أسترات [43] .

الإيجابيات	السلبيات
- إلتصاق جيد مع ألياف الزجاج. - شفاف - تصلب سريع - مقاومة كيميائية جيدة - سهولة التنفيذ - تحمل جيد للحرارة - تكلفة منخفضة - مقاومة جيدة للشد	- مقاومة ضعيفة للحريق مع انطلاق كمية من الدخان هامة. - تقلص عند القولية هام (6-15%) - مقاومة ضعيفة للكلاله - تخزين محدود وذلك راجع إلى تبخر الستيرين - كفاءة حرارية ضعيفة

• راتنج ابوكسيد:

يعتبر الأكثر استعمالاً في مجال الفضاء وهو من أحسن المواد إلتصاقاً مع غالبية الدعامات الليفية كما أن طريقة معالجته بسيطة ، إلا أن سلبيته الوحيدة هي ارتفاع ثمنه [44] .

• الراتنجات لفينولي (فينول بلاست):

تتصل على الراتنجات الفينولية بواسطة التكتاف المتعدد للفينول والفورمول ، وهي هشّة ، تتأثر بالرطوبة و صعبة الإستعمال وهي جد اقتصادية [45. 46]

• راتنج فينيل استر Risine vinylester :

الفينيل استر هي عبارة عن مشتقات عديد الأستل وحمض الأكريليك وهي تتحمل التاكل الكلها قابلة للاحتراق.

5.II تصنيف المواد المركبة:

تصنف المواد المركبة وفقاً لطرائق مختلفة، وبما أن الهدف الأساسي من تشكيل المواد المركبة هو تحسين الخواص الميكانيكية كالمتانة ومعامل يونغ والقدرة على العمل في درجات حرارة عالية، فكان من الطبيعي دراسة المواد المركبة من منظار طريقة التقوية التي تتعلق بالشكل الهندسي (Geometry) لمادة التقوية . لذلك يفضل تصنيف المواد المركبة وفقاً لنوع مادة التقوية .

1.5.II تصنيف المواد المركبة حسب نوع المصفوفة (المادة الرابطة):

كما تصنف المواد المركبة أيضاً وفقاً لنوع المادة الرابطة حسب الجدول رقم (14).

الفصل الأول _____ الدراسة النظرية للألياف النباتية

الجدول رقم (14) بتصريف : تصنيف المواد المركبة وفقاً للمادة الرابطة [47].

تصنيف المواد المركبة وفقاً للمادة الرابطة		
مواد مركبة ذات الرابط البوليميري (Polymer Matrix Composites)	مواد مركبة ذات الرابط السيراميكي (Ceramic Matrix Composites)	مواد مركبة ذات الرابط المعدني (Metal Matrix Composites)

يوضح الجدول (15) مزايا و عيوب المواد المركبة المصنفة وفقاً للمادة الرابطة [6].

الجدول رقم (15) مزايا و عيوب المواد المركبة المصنفة وفقاً للمادة الرابطة [6].

مزايا و عيوب المواد المركبة المصنفة وفقاً للمادة الرابطة			
المواد المركبة ذات الرابط المعدني (MMC)	المواد المركبة ذات الرابط السيراميكي (CMC)	المواد المركبة ذات الرابط البوليميري (PMC)	
<ul style="list-style-type: none"> متانة أعلى مقاومة القص والضغط مجال حراري واسع للإستعمال 	<ul style="list-style-type: none"> مجال حراري واسع للإستعمال 	<ul style="list-style-type: none"> التكلفة المنخفضة المقاومة الكيميائية الجيدة الوزن النوعي المنخفض 	المزايا
	<ul style="list-style-type: none"> السلوك القصف 	<ul style="list-style-type: none"> متانة ومعامل يونغ منخفضان نسبياً مجال حراري ضيق الإستعمال مقاومة العوامل الجوية منخفضة (تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية والمذيبات) 	العيوب

تعد المواد المركبة ذات الرابط البوليميري (PMC) أكثر المواد استعمالاً ويكمن الهدف الأساسي من تشكيل هذه المواد في تحسين الخواص الميكانيكية للبوليميرات، أما الهدف الأساسي من تشكيل المواد المركبة ذات الرابط المعدني (MMC) فهو قابلية التشغيل الميكانيكي. وفي المواد المركبة ذات الرابط السيراميكي (CMC) ، يكون الهدف هو الحصول على مقاومة حرارية وقساوة عاليتين [29].

2.5.II تصنيف المواد المركبة حسب نوع التعزيز:

1.2.5.II المواد المركبة ذات الألياف

تتمتع المواد المركبة ذات الألياف بأهمية بالغة، بالغة، حيث تشكل فيها الألياف مادة التقوية التي تكسب المادة المركبة مقاومة شد عالية. وتعود مقاومة الشد العالية للمواد ليفية الشكل، مقارنة مع المواد الكتلية (Bulk) ، إلى انخفاض نسبة الشقوق (Cracks) والعيوب (Defects) التي يمكن أن توجد في المواد الكتلية، والتي تكون أقل ما يمكن في المواد الليفية بسبب صغر سطح مقطعها وهذا أحد أهم الأسباب التي جعلت الألياف محط اهتمام كبير في تشكيل المواد المركبة. ولا يمكن استعمال الألياف منفردة بشكل مباشر في التطبيقات الهندسية نتيجة لسطح مقطعها الصغير، وإنما يتم إضافتها إلى جانب مواد أخرى لتشكيل مواد هندسية. ففي المواد المركبة ذات الألياف، تقوم الألياف بتحمل الجزء الأكبر من الإجهاد المطبق على المادة المركبة وتلعب المادة الرابطة دور الحاضنة التي تحمي الألياف من الأضرار التي قد تنشأ عن عوامل فيزيائية وكيميائية بالإضافة إلى تأمين نقل الإجهادات المطبقة على المادة المركبة إلى الألياف والمحافظة على توزيع الألياف ضمن المادة المركبة ومقاومة تشكل الشقوق والعيوب.

يمكن تصنيف المواد المركبة ذات الألياف في عدة مجموعات مثل: مواد مركبة ذات طبقة واحدة ويطلق عليها (Single-layer) ومواد مركبة متعددة الطبقات (Multilayer) أو مواد مركبة متغيرة الزاوية بين الصفائح (Angleply). وأغلب المواد المركبة المستعملة في التطبيقات الهندسية، هي مواد مركبة متعددة الطبقات (Multilayer) ، فعندما تكون المادة المكونة لجميع الطبقات من نوع واحد يطلق عليها اسم صفيحة (laminate). وإذا كانت المادة المكونة للطبقات مختلفة كأن تكون في طبقة ألياف زجاج وفي طبقة أخرى ألياف كربون، فيطلق عليها اسم مادة مركبة هجينة (Hybrid). [48]

2.2.5.II المواد مركبة ذات الحبيبات (Particulate composite) :

تطلق تسمية المواد المركبة ذات الحبيبات (Particulate composite) على المواد المركبة التي تكون فيها مادة التقوية عبارة عن حبيبات ومساحيق، والمساحيق هي المواد التي تكون فيها نسبة الطول إلى القطر تقريباً واحدة [47]. فالحبيبات مثل السيراميك والمساحيق المعدنية في الوسط المعدني تلعب دوراً في التقوية ويختلف هذا الدور عن المواد المركبة الأخرى فهذه الحبيبات تعمل على منع تشوه الوسط المعدني المستمر لأنها في الأساس أكثر صلابة، وتحمل جزءاً من القوة المطبقة على المادة المركبة إلا أن تحملها أقل بكثير من الألياف [49]. لذلك، فإن الهدف الأساسي لإضافة المواد المألثة (المساحيق) هو تحسين بعض الخواص، كالناقلية الكهربائية والحرارية، واستمرارية العمل في درجات حرارة عالية وخفض الاحتكاك وزيادة مقاومة الخدوش وتحسين قابلية التشغيل الميكانيكي وزيادة صلابة سطح معين وخفض التقلص (Shrinkage) وأحياناً تتم إضافة المواد المألثة بهدف خفض التكلفة [29].

3.2.5.II المواد المركبة النانومترية (Nano composite materials) :

يزداد التأثير المتبادل بين مادة التقوية والبوليمير إذا كانت حبيبات مادة التقوية ذات أبعاد أصغر وإذا كان حجم هذه الحبيبات بحجم ذرة أو جزئ فإن خاصية التقوية ستكون في أعلى درجاتها [50] يطلق على مادة التقوية التي تكون أبعادها أو أحد أبعادها من مرتبة النانو (9-10 nm) بمادة التقوية النانومترية (Nano Reinforcement) ، وفي حال تم الاستفادة منها في المادة المركبة دعيت المادة المركبة بالمادة المركبة النانومترية [50] (Nano Composite) وتحسن خواص المواد المركبة النانومترية عند إضافة مادة التقوية النانومترية بنسب قليلة جداً فمثلاً إضافة 5% حجماً من حبيبات نانوية يحسن الخواص الفيزيائية والميكانيكية بنسبة 70% [50].

تقسم المواد المركبة النانومترية إلى نوعين يرتبطان بطريقة توضع دقائق التقوية فيما إذا كانت منفصلة عن بعضها البعض أو متداخلة فإذا كانت منفصلة سميت مواد مركبة نانومترية ذات الدقائق المتبعثرة (Exfoliated) وفي الحالة المعاكسة تسمى مواد مركبة نانومترية ذات الدقائق المتتحدة (Intercalated). الشكل رقم (51) هذين النوعين من المواد المركبة النانومترية [50].

الفصل الثالث

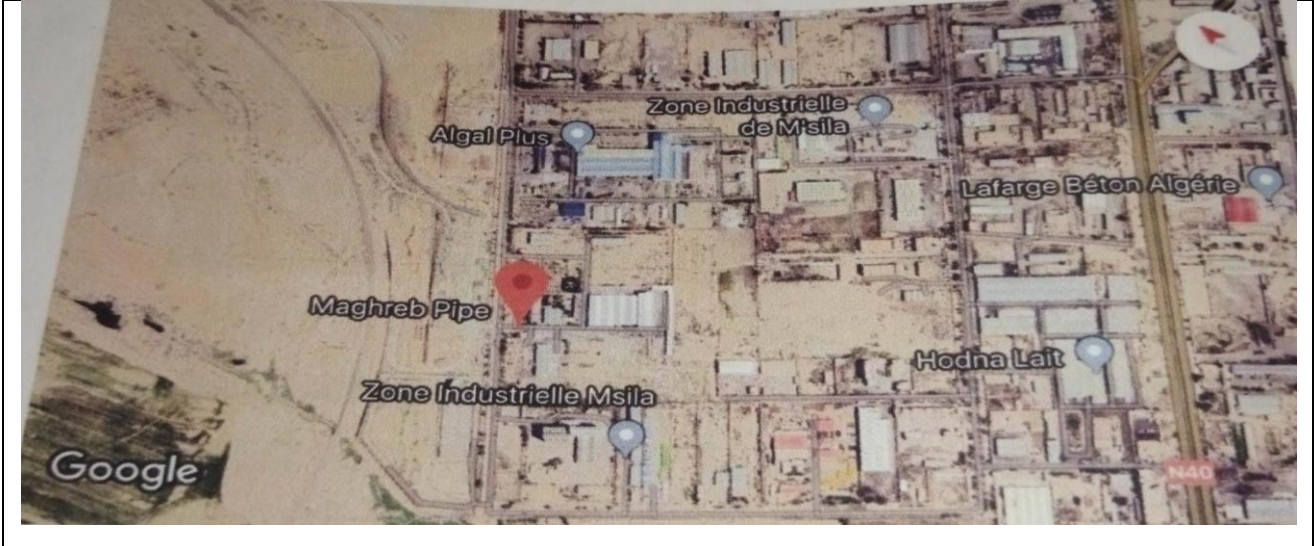
الطرائق والأجهزة المستعملة

تمهيد:

يتم استعمال المواد المركبة من خلال دراسة خصائصها الكيميائية والميكانيكية، حيث يتم التطرق في هذا الفصل إلى تشكيل المواد المركبة المكونة من ألياف الحلفاء والراتنج (بولي إستر)، الخاصة بمصنع أنابيب مغرب MPI إضافة إلى الأجهزة المستعملة : جهاز الطحن، جهاز التثني ذو ثلاث نقاط للمركبات (FLEXION)، جهاز الأشعة تحت الحمراء (FTIR) ، جهاز الوزن الحراري(ATG) وجهاز حيود الأشعة السينية (DRX).

1.III مصنع أنابيب مغرب MPI:

1.1.III الموقع:



الشكل (11) موقع مصنع أنابيب مغرب

2.1. III التعريف بالمصنع MPI :

تم إنشاء مصنع أنابيب المغرب منذ عام 2004م حيث تفود الخبرة في تصنيع أنظمة الأنابيب مجالا كبيرا، فضلا عن تطبيقات في أنظمة الصرف الصحي ، الري ومياه الشرب والمياه الصناعية .
لقد سمحت الخبرة التي تم تطويرها حتى الآن بالتحكم الكامل في التكنولوجيا الجديدة لإنتاج خطوط الأنابيب مما يمنح المنتج ذا جودة عالية من المعايير الدولية[51]

2. III تحضير المحاليل :

حضرنا ثلاث محاليل من الصودا NaOH مختلفة التراكيز (3% ، 6% ، 9%) .

III 3. معالجة الألياف:

III 1.3. المعالجة الميكانيكية للألياف:

في البداية قمنا باحضار ألياف الحلفاء من منطقة المسيلة، بحيث يتم اختيار الافضل والمناسب منها (خالية من العيوب) طولها يتراوح بمجال [0.5 - 1.5] سم ، تغسل الألياف بعناية بالماء المقطر وبإضافة قطرات من ماء الجافيل للتخلص من الغبار وبعض الشوائب وذلك لمدة عشر دقائق، ثم تجفف بتعرضها في الهواء لمدة كافية.



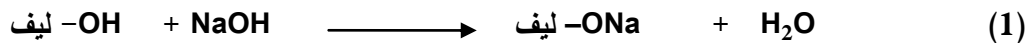
الشكل (12). الألياف بعد عملية المعالجة الميكانيكية.

III 2.3. المعالجة الكيميائية للألياف:

هناك العديد من البحوث أجريت لمعالجة الألياف النباتية المستعملة وذلك بهدف تحسين خصائص المواد المركبة، حيث تتواجد دراسة تجريبية على ألياف الموز المعالجة بـ 1% من محلول NaOH والمستعملة كمادة تقوية في المركبات بينت تحسن هذه الأخيرة مقارنة بالتتي استعملت فيها ألياف غير معالجة [52]. النتائج التجريبية بينت أن ألياف الحلفاء عندما تم معالجتها بمحلول من هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 10% لمدة 10 ساعات، فإن قوة الانحناء زاد من 23 إلى 57 MPa. وفي الوقت نفسه عندما عولجت ألياف الحلفاء بمحلول تركيزه 5% من هيدروكسيد الصوديوم لمدة 48 ساعة، فإن خصائص الانحناء للمواد المركبة قد انخفضت [54]. وهذا ماجعلنا نلجأ للمعالجة القلوية.

III 3.3. المعالجة القلوية:

جل المعالجات الكيميائية المعروفة تسبق بمعالجة أولية في المحلول القاعدي كما هو موضح في المعادلة 13، حيث الألياف تعالج بمحلول من الصود (NaOH) (1%) لمدة ساعة ثم تتبع العملية الغسيل بالماء للتخلص من الصودا الزائدة، عملية الغسل الأخيرة تتم بالماء المقطر مع القليل من حمض الخل، ثم تجفف في الهواء. هاته المعالجة تحسن من خصائص الالتصاق لسطح الألياف بازالة كل الشوائب الطبيعية والصناعية [55].



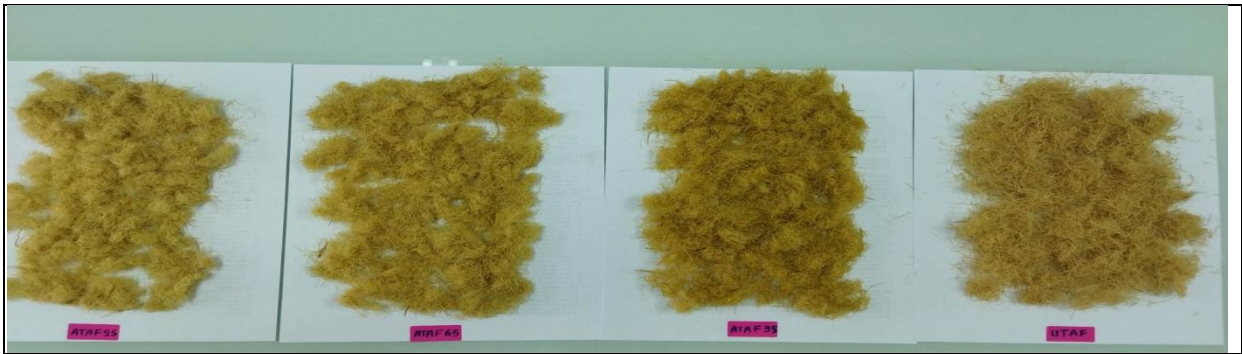
نأخذ 2ل من كل محلول من محاليل الصودا المحضرة سابقا (3% ، 6% ، 9%) ونغمس داخل كل محلول عينة من ألياف الحلفاء ولمدة 5ساعات عند درجة الحرارة العادية، وبعد ذلك نستخرج الحلفاء من المحلول ونغسلها بالماء المقطر لمدة 5 دقائق ثلاث مرات.

بهدف إزالة الصودا الزائدة التي التصقت بالألياف، نغسلها مرتين بالماء المقطر الذي يحتوي على قطرات من حمض الخل المخفف (CH_3COOH) بوجود الفينول فيتالين ككاشف ، ثم نقوم بغسلها للمرة الأخيرة بالماء المقطر ونتركها تجف في الهواء لمدة 48 ساعة في درجة الحرارة العادية حسب الشكل (13).



الشكل (13): ألياف الحلفاء بعد التجفيف في درجة الحرارة العادية

وكمرحلة نهائية في عملية التجفيف توضع في فرن درجة حرارته $80^{\circ}C$ لمدة 5 ساعات كما يظهره الشكل (14).



الشكل (14): ألياف الحلفاء بعد التجفيف في فرن درجة حرارته $80^{\circ}C$ لمدة 5 ساعات

III 4. تحضير المواد المركبة:

III 1.4. طريقة تحضير المواد المركبة:

تتم عملية تحضير المركبات على مراحل وهي كالتالي:

III 1.1.4 تحضير القالب:

القالب المستعمل في تحضير الألياف المدروسة مستطيل الشكل مصنع من الخشب ويحتوي على أبعاد قياسية معروفة حسب

نظام ASTM D 790

الجدول (16) يوضح قياس القالب للعينات الخاصة لإختبار الشني

إسم المعيار	Largeur(mm)	Epaisseur(mm)	Longueur(mm)
ASTMD 790	20	4	110

ثم نقوم بدهن القالب بمادة التشحيم لتفادي التصاق المواد المركبة مع القالب .



الشكل (15) خطوات تحضير القالب

III. 2.1.4 تحضير المصاغ :

نمزج الرانتج (أورتوفيتاليك) مع الكوبالت ونأخذ كمية منه قدرها 100g بعد مزجه مع المحفز 1ml لمعرفة مدة تصلب نقيسها بجهاز خاص بهذه العملية والموجود في المخبر.



الشكل (16) جهاز قياس مدة تصلب الرانتج

بعد معرفة وقت تصلب الرانتج نحضر الرانتج مع ألياف الحلفاء وذلك حسب وزن الألياف، وبالطريقة الاعتيادية يتم توزيع ونشر ألياف الحلفاء على جميع أسطح القالب ، ثم بعد ذلك تؤخذ وتوزن وبعدها نصب الرانتج الذي يحتوي على المحفز على سطح الألياف الموضوعة في القالب و لتعميم المادة على طول السطح نقوم بوضع شمع على لوحة لضغط خفيفا للتخلص من الهواء والفقااعات العالقة داخل المركب .



الشكل (17) كيفية وضع الخليط على القالب

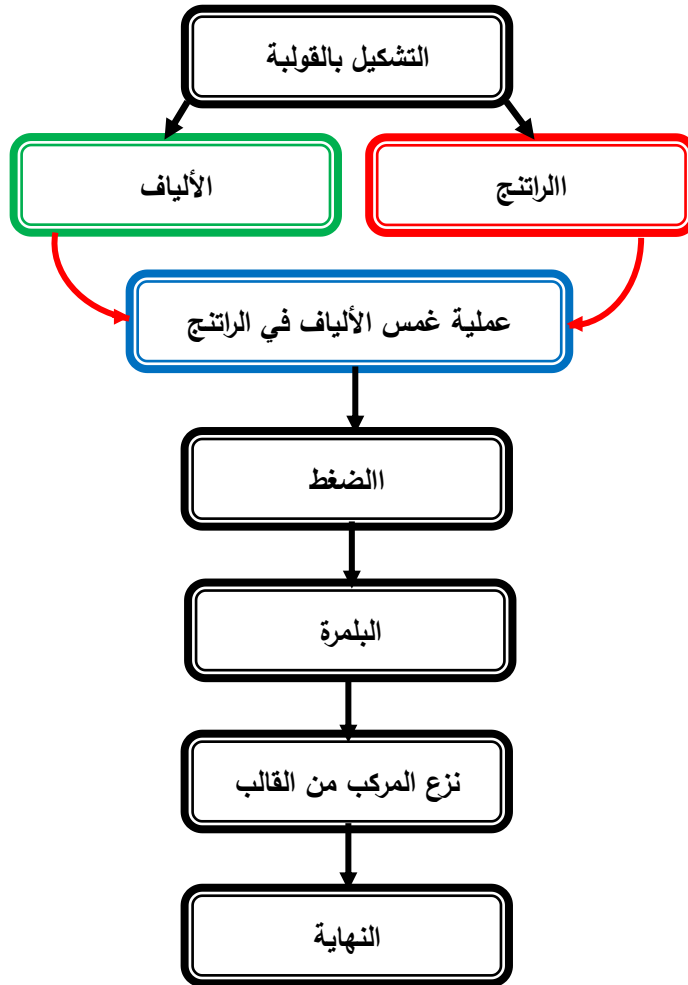
ملاحظة: يجب مراقبة السطح لتجنب ظهور أي ليف على سطح، ونترك القالب يتصلب في درجة حرارة عادية لمدة كافية وبعدها ننزع المواد المركبة من القالب.

- بعد مدة كافية لتصلب الراتنج ننزع القالب

- وتوجد العديد من الطرائق لتحضير المواد المركبة لكن الطريقة الأكثر إستعمالا هي القولية.

III. 3.1.4 مراحل القولية:

نضع المزيج (المصفوفة - الألياف) في قالب ثم نقوم بعملية الضغط لإخراج الهواء المتبقي لزيادة إلتحام و التصاق المادتين المزيج لا يمكن أن يشكل مادة مركبة إلا بعد مرحلة تجمد (تشابك) المصفوفة التي تمر من الطور السائل إلى الطور الصلب ، السلوك الحراري للمصفوفات المتلدنة حراريا يضاها المعادن على العكس من المصفوفات المتصلبة حراريا ، عند درجة حرارة حقنها (التطعيم) داخل القالب تصبح المصفوفة على شكل عجينة من ثم تخضع لتحول كيميائي داخلي غير عكوس الذي يسمح بتصلب نهائي للمصفوفة [56].



الشكل (18). مراحل القولية [56].

III.5 الأجهزة المستعملة:

III.5.1 جهاز الطحن :

بعد المعالجة الكيميائية تترك ألياف الحلفاء لمدة 48 ساعة من اجل التقليل من الرطوبة، ثم يتم وضعها في فرن عند درجة حرارة 80°C لمدة 5 ساعات ، وأخيرا يتم طحنها باستخدام مطحنة آلية (الشكل 38) منتجة في ألمانيا

FRITSCH (PULVERISETTE 6 classic line)



الشكل (19) جهاز طحن.

وتتميز سرعة دوران جهاز :200 دورة / دقيقة

عدد الدورات:5

زمن كل دورة: 15دقيقة

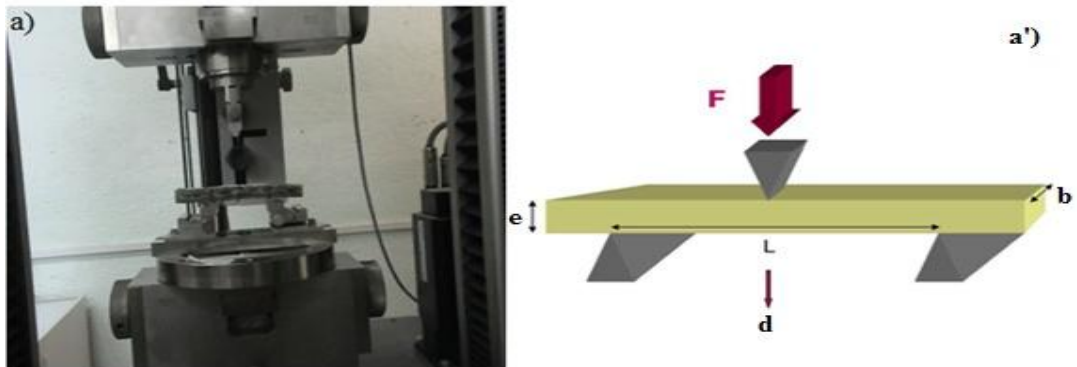
• مبدأ عمل جهاز :

يسمح جهاز الطحن ، بطحن العينة عن طريق نبضات عالية السرعة يتم تغذيتها بكرات في وعاء مطحنة بدوران يصل 1100 دورة في دقيقة ، الطحن المتحصل عليه يكون ذو جودة عالية جدا تصل إلى المجموعة نانومتر أو جد رطبة.

III.2.5 جهاز الثني ذو ثلاث نقاط للمركبات (FLEXION):

هو اختبار ميكانيكي وهو من بين الاختبارات المستقلة عن الزمن (اختبار الصدم،الصلابة...) ويحدد قدرة تشوه المواد الموضوعة على ارتكازين وتطبق عليها قوة في منتصف المسافة بينهما. يقوم مبدأ الاختبار على قياس الثنائية: قوة/ تشوه، حيث يتم تطبيق قوة على العينة وعن طريق كاشف يتم تسجيل قيمة التشوه الناتج. العينات المستخدمة تكون على شكل متوازي المستطيلات وأبعادها معروفة.

الاختبارات المطبقة على مستوى مخبر أنابيب المغرب ، على جهاز من سلسلة YL-25 – على الآلة الرقم 12417 في عام 2008 ، من ألمانيا تحمل قدرة 250 كيلو نيوتن (KN).



الشكل (20) يمثل جهاز الاختبار للثني ذو ثلاث نقاط مع رسم تخطيطي لعينة.

أبعاد العينة أخذت وفقا للمعيار **ASTMD790** حيث أبعادها $L=20 \times e$

L: الطول الأدنى للعينة،

e: سمك العينة.

الإجهاد:

$$\sigma = 3.F.L/2.b.e^2 \quad (16)$$

σ الإجهاد المطبق على العينة (MPa)

F القوة القصوى (N)

L المسافة بين نقطتين الارتكاز (mm)،

b عرض العينة (mm)

h سمك العينة (mm).

E: معامل يونغ (MPa)

حيث: $E=L^3.m/4.b.e^2$ ميل منحي.

III. 3.5 جهاز الأشعة تحت الحمراء (FTIR):



الشكل (21) جهاز التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء

III. 4.5 جهاز الوزن الحراري (ATG):

هي طريقة تحليل حرارية تراقب خلالها تغيرات في الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد وتتم العملية أثناء زيادة درجة الحرارة (مع بقاء معدل زيادة الحرارة ثابتا). يعطينا التحليل الوزني الحراري معلومات عن خواص الطبيعية للمادة مثل التبخير، والتسامي، الإمتصاص والإدمصاص وتغير الحالة. كذلك يعطي التحليل الوزني الحراري معلومات عن العمليات الكيميائية. يقوم جهاز التحليل الوزني الحراري بوزن العينة باستمرار أثناء تسخينها إلى درجة حرارة 2000 درجة مئوية، حيث تم تسخين العينات من 40°C إلى 500°C للألياف المعالجة وغير المعالج. ومع زيادة درجة الحرارة تتحلل مكونات العينة ويقاس في نفس الوقت التغير المئوي في وزن العينة ثم ترسم درجة الحرارة على المحور الأفقي والتغير في وزن العينة على المحور العمودي (شكل 22).



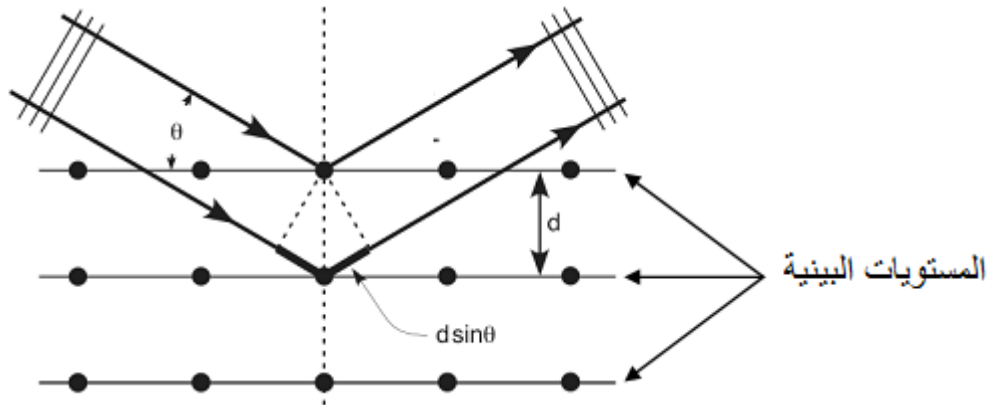
شكل (22): جهاز التحليل الوزني الحراري (ATG)

III. 5.5 الاختبار بجهاز حيود الأشعة السينية (DRX)

انحراف الأشعة السينية (DRX) هي تقنية للتحليل البنيوي. تعتمد على تشتت أشعة X على العينة. فهي تقدم معلومات تفصيلية حول التركيب البلوري للمواد البلورية وتحدد حجم المجالات البلورية لتحديد الطبقات الموجودة. تطورت هذه التقنية مع مرور الوقت كثيرا ، فهناك عدة نماذج من الـ ديبراكتوميترات موجودة اليوم وذلك وفقا للتطبيق والبيانات المطلوبة. لكن المبدأ العام للطريقة يتمثل في قصف العينة بالأشعة السينية والكشف عن شدة الإشعاع المتناثر وفقا للتوجه في الفضاء. تسجيل شدة الإشعاع يكون بدلالة زاوية الانحراف 2θ للإشعاع [12-14]. هذه الأشعة المتناثرة من طرف العينة تخضع لقانون براغ [57] كما هو مبين في العلاقة (14) :

$$2d \sin\theta = k\lambda$$

حيث k هي رتبة الانعراج (عدد صحيح ويمثل رتبة التشتت). ويشترط أن يكون الطول الموجي $\lambda \leq 2d$ لحدوث انعكاسات براغ ويفيد تطبيق معادلة براغ في إيجاد أبعاد خلية الوحدة للشبكة البلورية (الشكل (23)).



الشكل (23) مبدأ قانون براغ

- **طريقة العمل:** أجريت الاختبارات على عينات من ألياف الحلفاء المعالجة وغير المعالجة، حيث قمنا بسحقها ميكانيكيا في البداية باستخدام مطحنة كهربائية، التجارب بالنسبة لهذه العينات ، نستعمل التحليل بأشعة X لدراسة تغير البنية الفيزيائية للألياف، وذلك من خلال حساب درجة التبلور (CrI). لقد قام الباحث سيقال ورفقاؤه [16]

بتطوير طريقة تجريبية من أجل تقدير درجة التبلور للسيليلوز الأم (السيليلوز I). كمية السيليلوز I في السيليلوز الإجمالي يمكن التعبير عليها بالعلاقة (15):

$$CrI\% = \frac{(I_{002} - I_{am})}{I_{002}} \times 100 \quad (15)$$

حيث:

I_{002} : شدة النبض الرئيسي للسيليلوز I عند زاوية 20.

I_{am} : شدة النبض المقابلة للجزء اللابلوري من السيليلوز عند زاوية 20.



الشكل (24) جهاز حيود الأشعة السينية (DRX)

III. 6 المواد المستعملة:

• هيدروكسيد الصوديوم

مركب كيميائي قوي له الصيغة الكيميائية (NaOH) ويستخدم في العديد من الصناعات درجة ذوبانه في الماء عالية جدا .

الكتلة المولية: 39.99 g/mol

. الكثافة: 2.13 g/cm³

مركب صلب أبيض متميع

• حمض الأسيتيك:

حمض الخل أو حمض الأسيتيك ويعرف باسم حمض الإيثانويك وصيغته CH₃COOH وهو مركب عضوي كيميائي.

كتلة المولية : 60.05 g/mol

. الكثافة : 1.049 g/cm³

عزم الجزيئي ثنائي القطب 1.7

• الفينول فيتالين :

الذي يرمز له بالصيغة الكيميائية C₂₀H₁₄O₄ هو دليل يكون عديم اللون في الوسط الحامضي وأحمر في الوسط القاعدي ووردي في الوسط المتعادل.

• العينات المنجزة:



الشكل (25) العينات المنجزة في المخبر

الفصل الرابع

النتائج و مناقشتها

تمهيد:

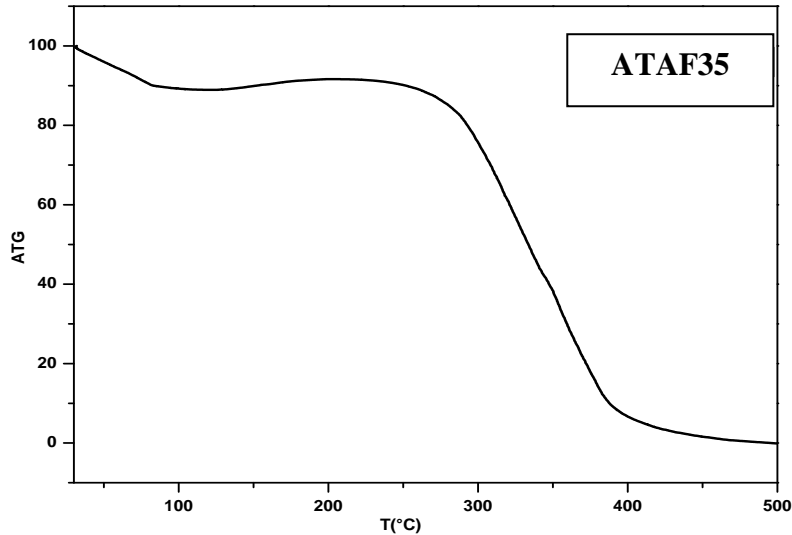
للمعالجة الكيميائية دور كبير في تحسين خصائص الألياف حيث يتم التخلص من المركبات السطحية غير السيليلوزية وبالتالي تقوى الروابط السطحية فيزداد الالتحام والتلاصق بين الألياف و المصفوفات، وهذا لا يمنع من ظهور بعض النتائج السلبية والغير مرغوبة للمعالجة والتي بدورها قد تضعف من خصائص الألياف والمركبات المحضربها. وفي هذا الفصل تم طرح ومناقشة النتائج المحصل عليها في مختلف الإختبارات لدراسة خصائص الألياف بعد المعالجة وكذا دراسة الخصائص الميكانيكية للمركبات.

1.IV اختبار التشخيص للألياف المعالجة كيميائيا والألياف غير معالجة

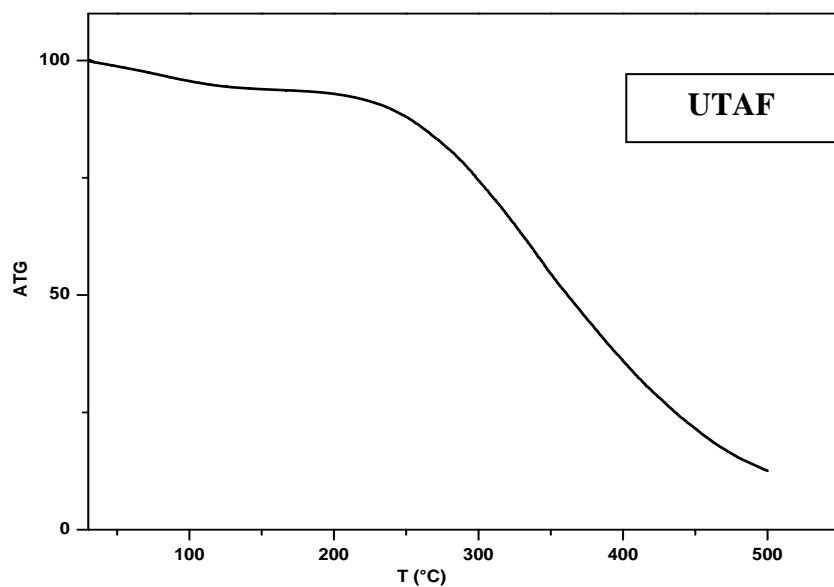
بعد المعالجة الكيميائية المختلفة لألياف الحلفاء بتركيز مختلفة ، قمنا باختبارات تشخيصية للألياف لمعرفة تأثير المعالجة عليها.

1.1. IV إختبار التشخيص باستعمال جهاز التحليل الوزني الحراري(ATG)

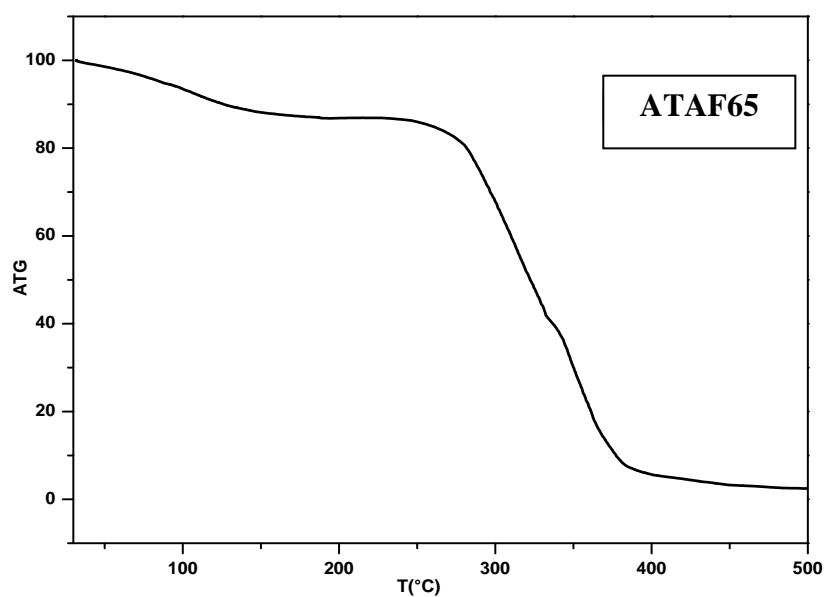
من خلال المنحنيات (1-1) نلاحظ ارتفاع في درجة الحرارة التحلل السيليلوزي للألياف المعالجة بالصدود مع فقدان معظم الكتلة مقارنة بدرجة الحرارة اللازمة لتحلل السيليلوز في الألياف الغير معالجة كما توضحه الجداول (26-27-28-29)، وبالتالي يمكن نقول إن المعالجة بالصدود تحسن من خصائص الحرارية، إن الزيادة في الحرارة تسبب تدهور في اللجين فيصبح السيليلوز أكثر تحررا بعد المعالجة.



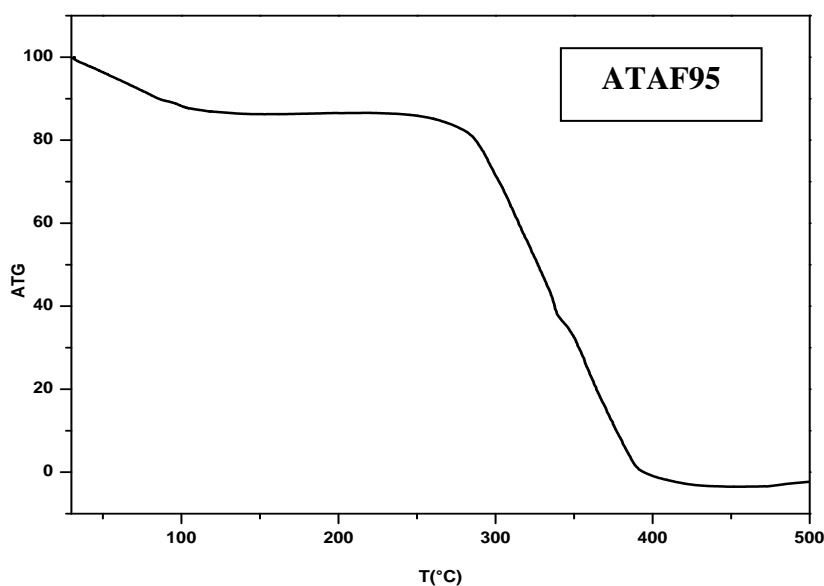
الشكل (26): منحنى نتائج التحليل الوزني الحراري للعينة ATAF35



الشكل (27): منحنى نتائج التحليل الوزني الحراري للعيينة UTAF



الشكل (28): منحنى نتائج التحليل الوزني الحراري للعيينة ATAF65



الشكل (29): منحني نتائج التحليل الوزني الحراري للعينة ATAF95

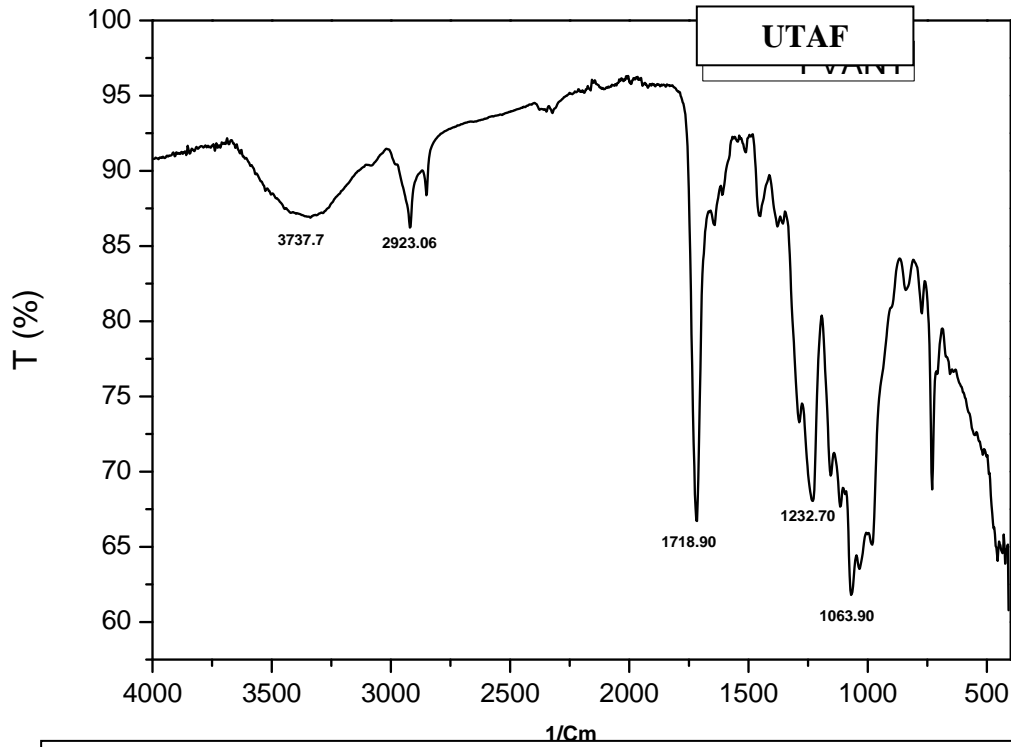
الجدول (17) مقارنة لدرجة حرارة التحلل للألياف.

العينات	T(°C)
UTAF	253.48
ATAF35	271.28
ATAF65	274.91
ATAF95	282.41

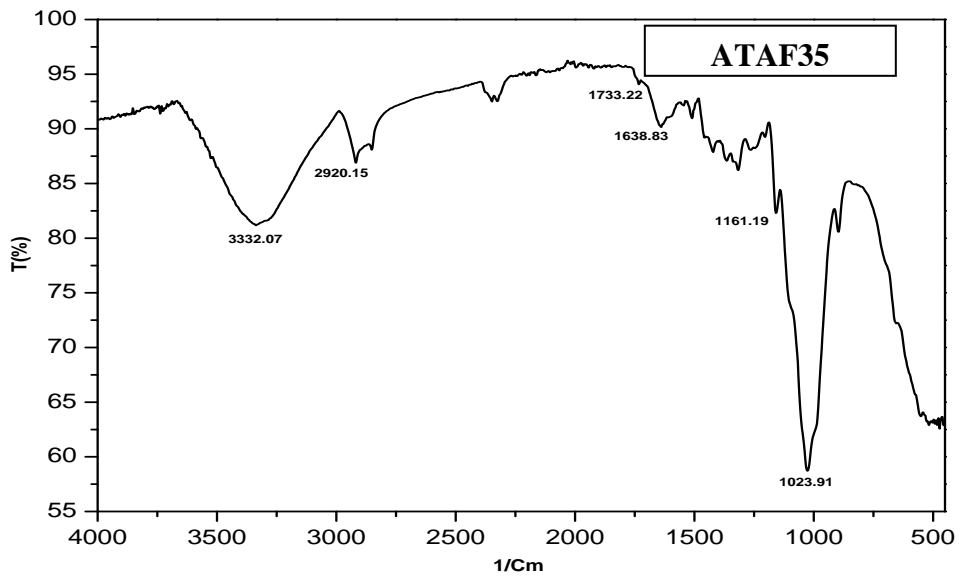
2.IV اختبار جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء FTIR للعينات المعالجة والغير معالجة

قمنا بإجراء تشخيص العينات المعالجة والغير معالجة بواسطة جهاز الطيف للتأكد من التغير في الوظائف الكيميائية الموجودة في بنية الألياف.

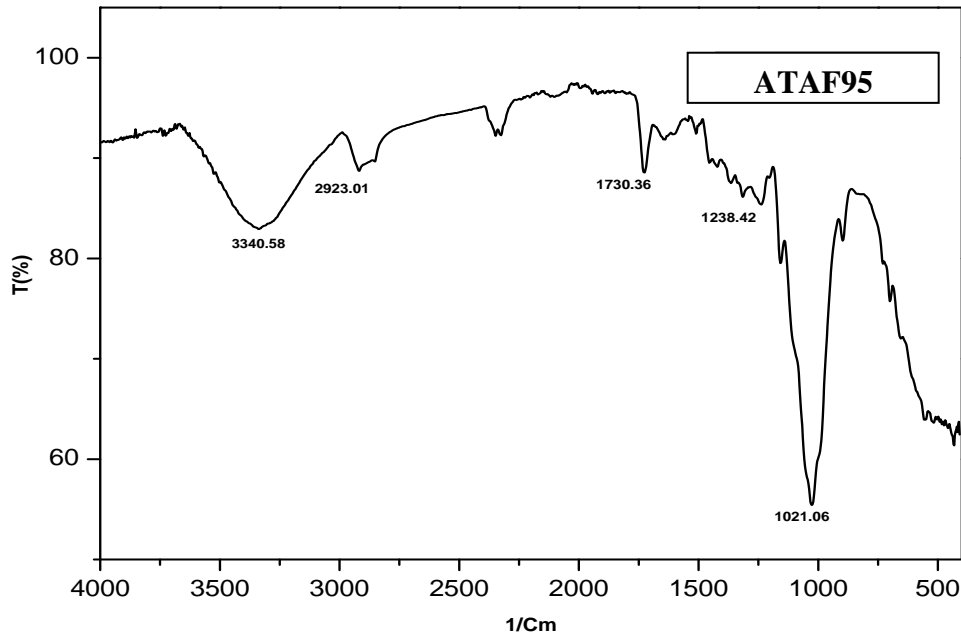
حيث حصلنا على النتائج المدونة في الأشكال (30 - 31 - 32 - 33) التالية:



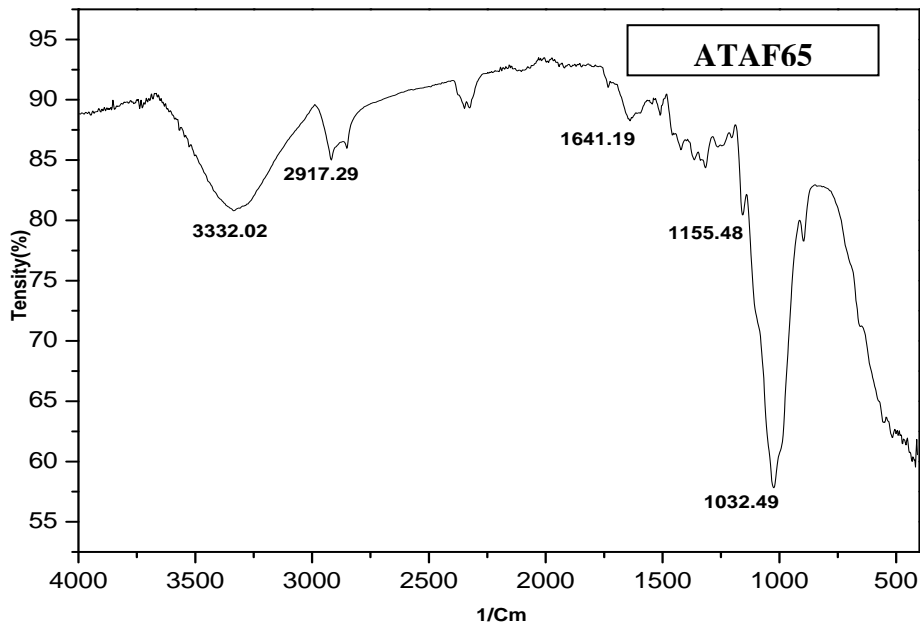
الشكل (30): منحنى اختبار جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة UTAf



الشكل (31): منحنى اختبار جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة ATAF35



الشكل (32): منحنى اختبار جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة ATAF95



الشكل (33): منحنى اختبار جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة ATAF65

من خلال هذه المنحنيات نلاحظ أن هناك انخفاض كبير لقمة امتصاص عند 3340.38Cm^{-1} للعينة FVAT95 والتي تمثل قمة امتصاص لمجموعة الهيدروكسيل - OH في السيليلوز ، وكذلك باقي العينات مقارنة مع الألياف الغير معالجة. أيضا نبض الامتصاص عند 3000Cm^{-1} و 2923.01Cm^{-1} تمثل مجموعات السيليلوز CH و CH_2

وأیضا 1000Cm^{-1} إلى 500Cm^{-1} ظهور نبض السيليلوز مجموعة شدنها في الألياف المعالجة مرتفعة باستثناء الألياف لغير المعالجة.

كما أن هناك ازالة معتبرة للهيميسيليلوز وهذا واضح عند القمة 1718.80Cm^{-1} والتي تختفي في جميع ألياف الحلفاء المعالجة.

تُعزى الذروة عند 1641سم^{-1} إلى تشوه في جذر OH ، بسبب الخاصية الهيدروفيلية لألياف الحلفاء. كما ترتبط الذروة عند حوالي 1021.08سم^{-1} مع اهتزاز رابطة ثاني أكسيد الكربون للسيليلوز والتي تظهر في جميع ألياف الحلفاء المعالجة وغير المعالجة. تتوافق الذروة عند 1238سم^{-1} مع اهتزاز مجموعة الأستيل (C = O) للجنين. تنخفض شدة هذه الذروة ، ويرجع ذلك لإزالة اللجنين من سطح الألياف. كل هذه النتائج تؤكد أن المعالجة الكيميائية لألياف الحلفاء ضرورية لإزالة الهيميسيليلوز واللجنين لها. والجدول (1) يلخص أنواع الاهتزازات للمجموعات الوظيفية للألياف النباتية.

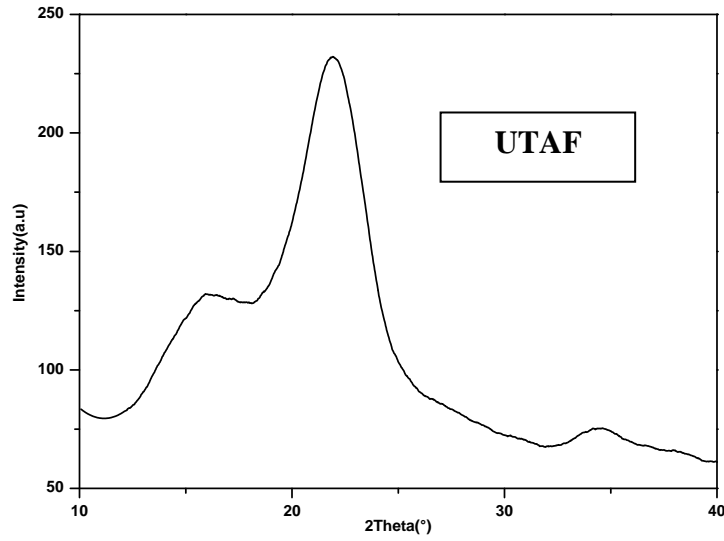
الجدو ل(17) اهتزاز المجموعات الوظيفية المميزة للألياف النباتية.

المراجع	المصدر	نوع الاهتزاز	طول الموجة (سم ⁻¹)
[1-3]	متعدد السكريات	استطالة -OH	3330 ~
[4] [5]	السليولوز ، هيميسليولوز	استطالة -CH	2918 ~
[3]	السليولوز ، هيميسليولوز	استطالة -CH	2850 ~
[6,7]	البكتين ، هيميسليولوز	استطالة - CO	1730 ~
[8]	ماء	-OH	1630 ~
[8]	اللجنين	C= C- عطرية استطالة متناظرة	1513 ~
[3]	السليولوز	-HC2	1422 ~
[3]	متعدد السكريات	-CO، -CH عطرية	1367 ~
[3,9]	هيميسليولوز	استطالة -CO	1240 ~
[10]	اللجنين		
[3]	السليولوز	التشوه المضاد لتناظر الرابطة C-O-C	1160 ~
[3]	السليولوز	-OC ، استطالة -OH	1030 ~
[8]	متعدد السكريات	استطالة روابط β-غليكوزيدية لحقات الجلوكوز	896 ~
[5]	متعدد السكريات	تشوه COOH	660 ~
[6]	اللجنين	تشوه -CH العطري	830 ~

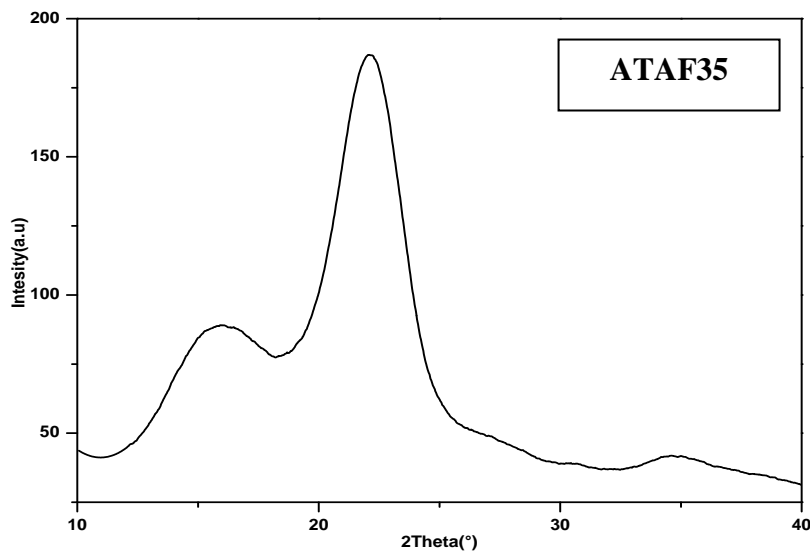
3.IV التحليل بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية (DRX)

إن اختبار الأشعة السينية يهدف للتأكد من إزالة الجزء غير المتبلور غير السليولوزي (اللجنين, الهيميسليولوز... الخ), مما يشير إلى فعالية المعالجة الكيميائية وبالتالي إلى زيادة درجة التبلور.

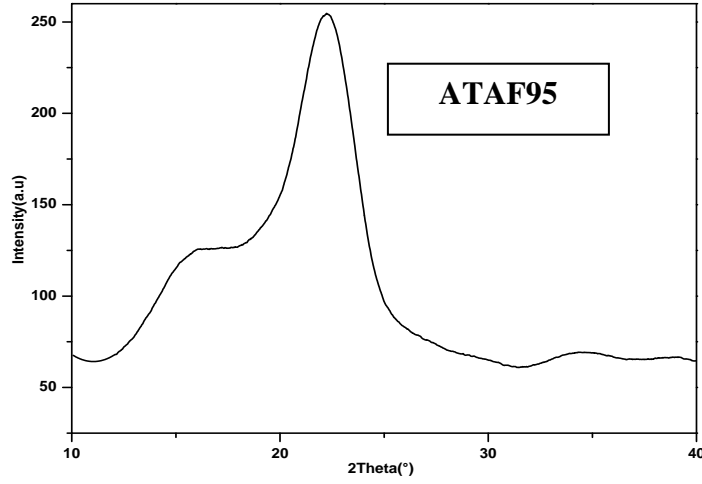
يوضح الجدول (17) مؤشر التبلور (CI) الذي تم الحصول عليه باستخدام طريقة سيفال (Segal) [11]، الذي بدوره يعطي فكرة عن قوة الألياف والتي بدورها تزيد من الخصائص الميكانيكية للمركب المحضر. لقد لوحظ أن هذا المؤشر يزداد مع معالجة الألياف وذلك مقارنة بالألياف غير المعالجة. حيث بلغت قيمة المؤشر لألياف الحلفاء المعالجة بمحلول قلوي مثل الصود تركيزها 6% قدر مؤشر التبلور بـ 54.63% وذلك بزيادة قدرها 11.52% مقارنة بالألياف غير المعالجة، ونفس النتيجة وجدها مقلوي ورقفاؤه [12] والمعالجة بالصود يمكن أن يقلل من مجموعة الهيدروكسيل والمحببة للماء والموجودة على سطح الألياف الطبيعية، كما يزيل أيضا جزء من اللجنين والشمع والبكتين والهيميسليلوز والزيت الذي يغطي المواد [13].



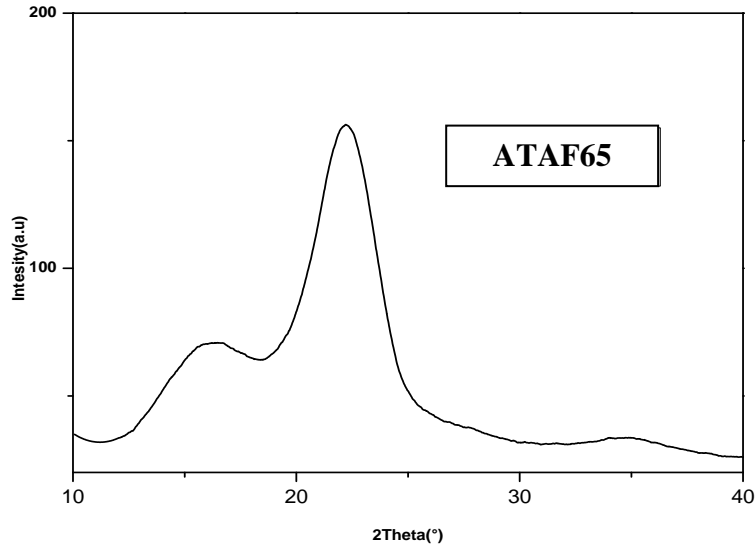
الشكل (34): منحنى التحليل بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية للعينة UTAf



الشكل (35): منحنى التحليل بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية للعينة ATAF35



الشكل (36): منحنى التحليل بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية للعينة ATAF95



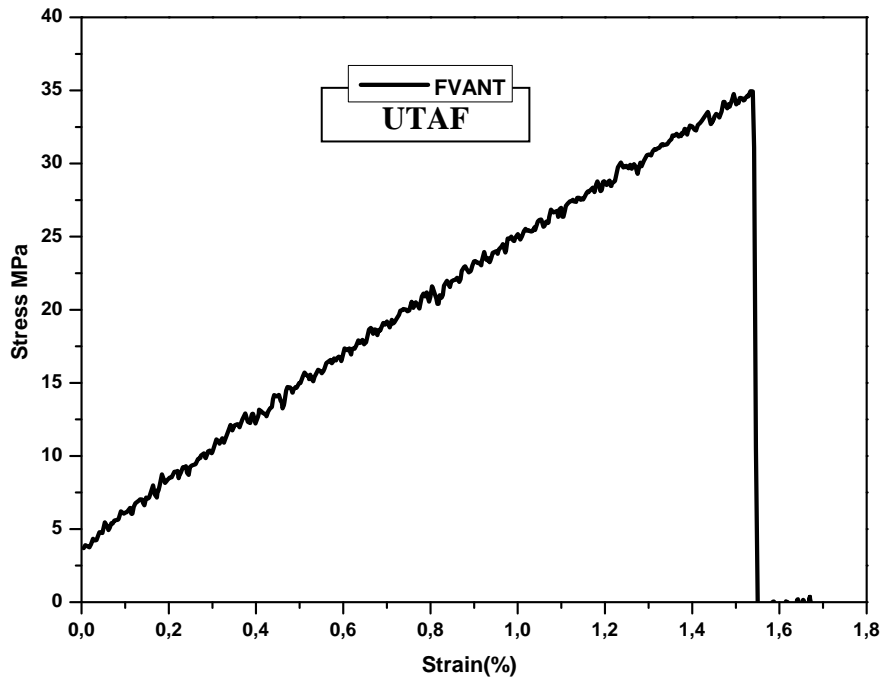
الشكل (37): منحنى التحليل بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية للعينة ATAF65

. الجدول (18) مؤشر التبلور لألياف الحلفاء المعالجة وغير المعالجة

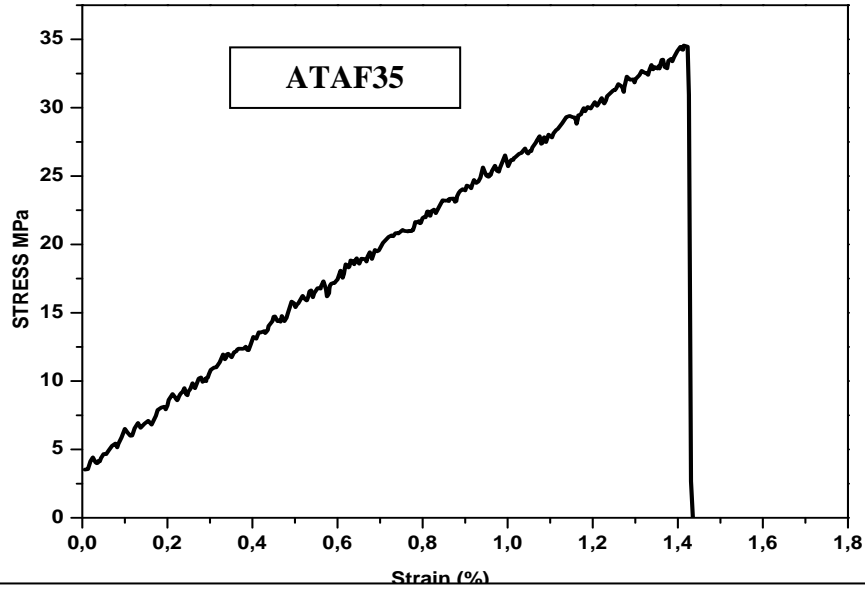
العينة	I_{am}	I_{002}	CI (%)
UTAF	131.96	231.96	43.11
ATAF35	89.09	186.94	52.35
ATAF65	70.78	156.02	54.63
ATAF95	125.65	254	50.53

4.IV اختبار الثني ذو ثلاث نقاط ألياف المعالجة

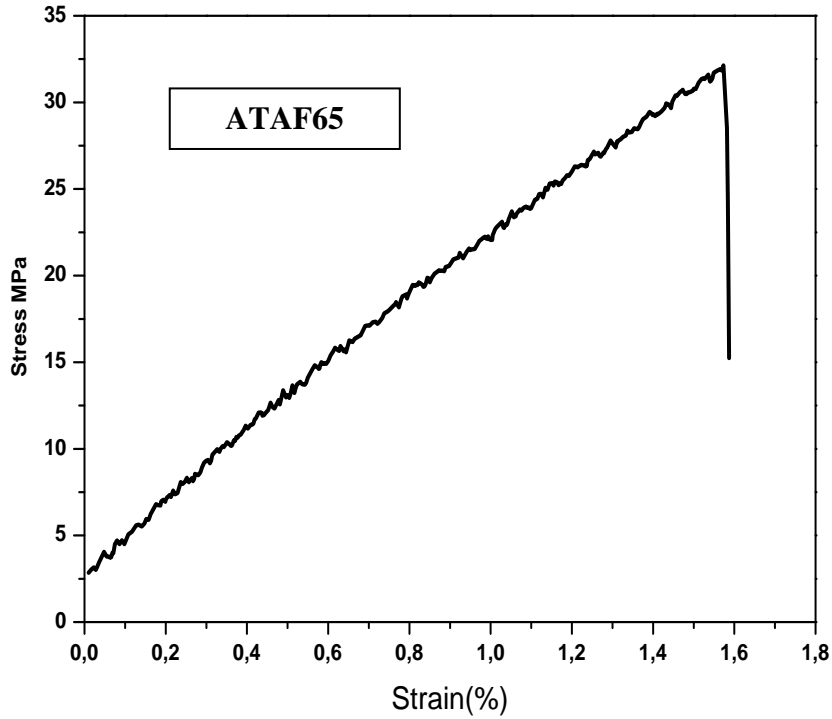
إن اختبار الثني ذو ثلاث نقاط يعتبر من بين أهم الاختبارات التي تحدد قيمة الخواص الميكانيكية للمواد المركبة المحضرة من الألياف تعطينا نتائج هذا الاختبارات بعض الخواص الميكانيكية مثل الإجهاد، معامل يونغ. بعد تحضير المواد المركبة وانطلاقاً من الرانتج بولي استر غير المشبع والمواد المقوية والتي تتمثل في ألياف نبات الحلفاء كما في الشكل (41) الذي يوضح نتائج اختبار الثني لاحظنا أن الإجهاد المطبق على العينة يزيد بعد المعالجة كما أن قيمة معامل يونغ للمركبات المحضرة بألياف نبات الليف ارتفعت بعد المعالجة .



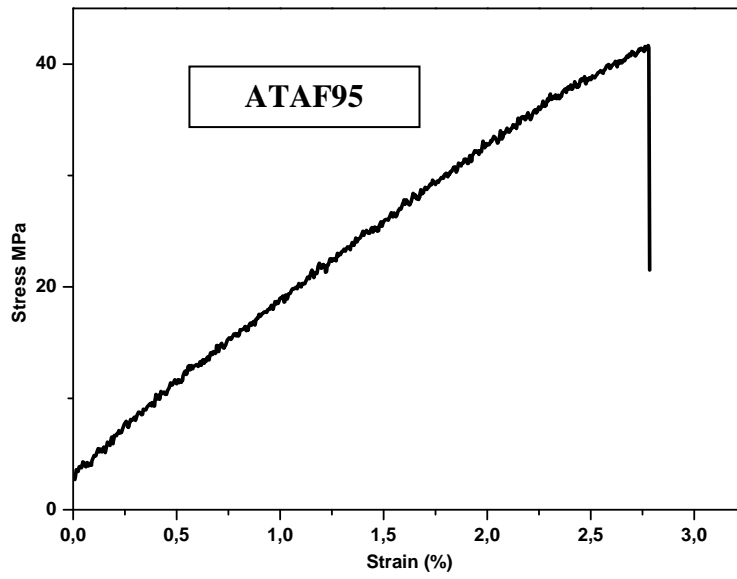
الشكل (38): منحنى الثني للمركب المحضر من ألياف الحلفاء المعالجة UTAf



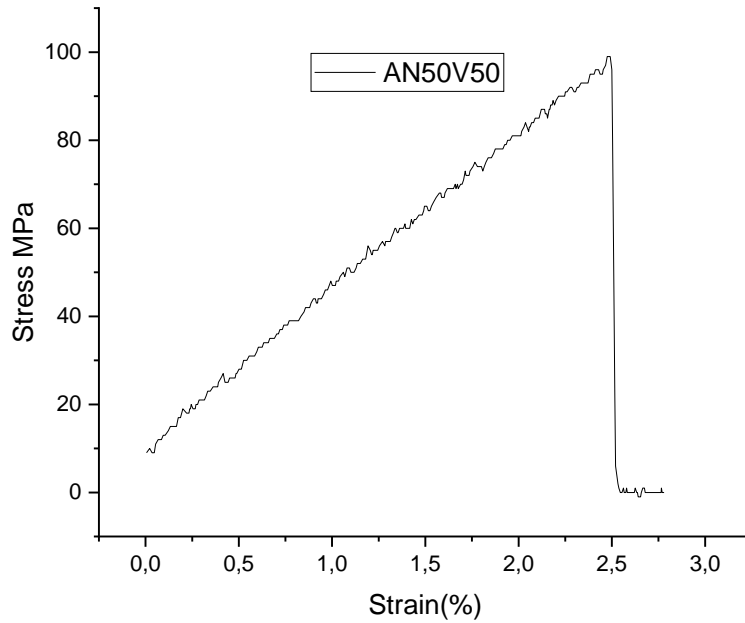
الشكل (39): منحنى الثني للمركب المحضر من ألياف الحلفاء المعالجة ATAF35



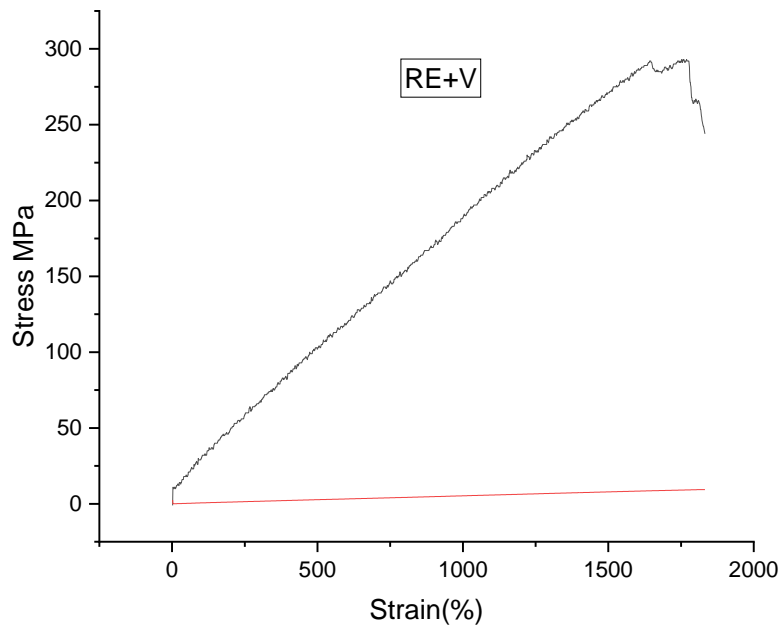
الشكل (40): منحنى الثني للمركب المحضر من ألياف الحلفاء المعالجة ATAF65



الشكل (41): منحني الشني للمركب المحضر من ألياف الحلفاء المعالجة ATAF95



الشكل (42): منحني الشني للمركب المحضر من ألياف الغير المعالجة والزجاج AN50V50



الشكل (43): منحنى الثني للمركب المحضر من البولي إيثيلين والزجاج RE+V

خلاصة عامة:

هذا العمل يعتمد على تطوير مواد مركبة ذات أساس من البولي أستر (UP) مدعم بألياف الحلفاء حيث تم إنجاز التجارب في مصنع (أنابيب مغرب) ، تم تحضير ثلاث أنواع من المركبات، المركب الأول مصفوفة البولي أستر (UP) مدعمة بألياف نبات الحلفاء المغير معالجة، وثلاث عينات أخرى معالجة بالصودا مختلفة التراكيز (3%، 6%، 9%) .

المركب الثاني يتكون من الراتنج البولي أستر (UP) مدعم بخليط من الألياف الزجاجية بنسبة 50%؛ و الحلفاء الغير معالجة بنفس النسبة (50%) ، المركب الثالث يتكون من الراتنج البولي أستر (UP) مقوى بألياف زجاجية من

بيرت الاختبارات المستعملة:

إختبار التشخيص باستعمال جهاز التحليل الوزني الحراري(ATG)

أظهرت ارتفاع في درجة حرارة التحلل السيليلوزي للألياف المعالجة بالصودا مع فقدان معظم الكتلة مقارنة بدرجة الحرارة اللازمة لتحلل السيليلوز في الألياف الغير معالجة ، وبالتالي يمكن نقول إن المعالجة بالصودا تحسن من الخصائص الحرارية حيث لاحظنا أن الألياف الغير معالجة تتحلل حراري عند درجة حرارة 253.48 درجة مئوية في حين أن الألياف المعالجة تتحلل حراريا في درجات حرارة أعلى .

إختبار جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء FTIR للعينات المعالجة والغير معالجة

اختيار من خلال إختبار FTIR ، لكل العينات لاحظنا من خلال هذه المنحنيات نلاحظ أن هناك انخفاض كبير القمة الامتصاص عند 3340.38Cm^{-1} للعيينة FVAT95 والتي تمثل قمة امتصاص لمجموعة الهيدروكسيل - OH في السيليلوز ، وكذلك باقي العينات مقارنة مع الألياف الغير معالجة. أيضا نبض الامتصاص عند 3000Cm^{-1} و 2923.01Cm^{-1} تمثل مجموعات السيليلوز CH_2 و CH

وأيضا 1000Cm^{-1} إلى 500Cm^{-1} ظهور نبض السيليلوز مجموعة شدتها في الألياف المعالجة مرتفعة بإستثناء الألياف لغير المعالجة.

كما أن هناك ازالة معتبرة للهيميسيليلوز وهذا واضح عند القمة 1718.80Cm^{-1} والتي تختفي في جميع ألياف الحلفاء المعالجة.

بالإضافة إلى ذروة عند 1641سم^{-1} حيث تُعزى الذروة إلى تشوه في جذر OH ، بسبب الخاصية الهيدروفيلية لألياف الحلفاء. كما ترتبط الذروة عند حوالي 1021.08سم^{-1} مع اهتزاز رابطة ثاني أكسيد الكربون للسيليلوز والتي تظهر في جميع ألياف الحلفاء المعالجة وغير المعالجة . تتوافق الذروة عند 1238سم^{-1} مع اهتزاز مجموعة الأستيل (C = O) للجنين . تنخفض شدة هذه الذروة ، ويرجع ذلك لإزالة اللجنين من سطح الألياف. كل هذه النتائج تؤكد أن المعالجة الكيميائية لألياف الحلفاء ضرورية لإزالة الهيميسيليلوز واللجنين .

اختبار الثني ذو ثلاث نقاط ألياف المعالجة

إن اختبار الثني ذو ثلاث نقاط يعتبر من بين أهم الاختبارات التي تحدد قيمة الخواص الميكانيكية للمواد المركبة المحضرة من الألياف تعطينا نتائج هذا الاختبارات بعض الخواص الميكانيكية مثل الإجهاد، معامل يونغ بعد تحضير المواد المركبة وانطلاقا من الرانتج بولي استر غير المشبع والمواد المقوية والتي تتمثل في ألياف نبات الحلفاء كما في الشكل (4) الذي يوضح نتائج اختبار الثني لاحظنا أن الإجهاد المطبق على العينة يزيد بعد المعالجة كما أن قيمة معامل يونغ للمركبات المحضر بألياف نبات الحلفاء ارتفعت بعد المعالجة .

وبالتالي يمكن القول أن هذا النهج يمكن أن يوفر قدرات تنبؤ جيدة ويفتح أفقا لتحسين هذه المواد مستقبلا.

- [1] **Polymeres. structure et proprietes introction christtian Oudet. 1983.**
- [2] « Fibres et renforts végétaux Solutions composites», Fibres Recherche Développement (FRD), Troyes - France (Mars 2012).
- [3] F. Michaud; Rhéologie de panneaux composites bois/thermoplastiques sous chargement thermomécanique: Aptitude au postformage; thèse, univ Bordeaux LFrance(2003).
- [4] P. Jodin Le Bois, Matériau d'Ingénierie Association pour la recherche sur le bois en Lorraine; these doctorat Nancy. France (1994)433.
- [5] R. M. Rowell, R.A. Young, J. K. Rowel, Paper and composite from agro-based resources CRC Lewis publishers (1996)446.
- [6] N. Joly: Synthèse et caractérisation de nouveaux films plastiques obtenus par acylation et reticulation de la cellulose thèse de doctorat univ Limoges France(2003)301.
- [7] J. Široky, B. Široka and T. Bechtold; Alkali Treatments of Woven Lyocell Fabrics, University of Innsbruck, Research Institute for Textile Chemistry and Physics Austria (2012)179-203.
- [8] M. Bourgeois; technique de l'ingénieur fibre agrosourcées France(2011)11.
- [9]-W Adams and R- Anson. Composites: From Glass to Natural Fibres. T'exiles intelligence.Ltd July2003.
- [10].F.R.Jones. Handbook of Polymer- Fiber Composites. Longman Group UK Limited. 1994.
- [11] Clément Meirhaeghe, Evaluation de la disponibilité et de l'accessibilité de fibres végétales usages matériaux en France,2011,84p.
- [12] Suganti Ramarad; Preparation and properties of kenaf bast fiber filled (plasticized) poly(lactic acid) composites; Master, 2008.

- [13] Mohammad Dalour Hossen Beg: The Improvement of Interfacial Bonding, Weathering and Recycling of Wood Fibre Reinforced Polypropylene Composites; Thèse de doctorat, University of Waikato, Hamilton, New Zealand, 2007.
- [14] Maya Jacob John, Rajesh D. Anandjiwala. 2008; Recent Developments in Chemical Modification and Characterization of Natural Fiber-Reinforced Composites; Polymer composites, 187-207.
- [15] Enrique Alarcón-Gutiérrez; Influence de facteurs abiotiques sur la régulation des paramètres microbiens impliqués dans la dégradation de la matière organique d'une litière forestière méditerranéenne, These de doctorat. Faculté des Sciences et Techniques, L'universite Paul Cezanne, 2007.
- [16] Maya Jacob John. Sabu Thomas; Rubber Nanocomposites: Preparation. Properties and Applications: Chapitre 8. Sabu Thomas and Ranimol Stephen (Ed). John Wiley & Sons Pre Ltd. 2010.
- [17] David Sedan: Etude des interactions physico-chimiques aux interfaces fibres de chanvre ciment. Influence sur les propriétés mécaniques du composite: Thèse de doctorat. Faculté des Sciences et Techniques, Université de Limoges, 2007.
- [18] Doan Thi Thu Loan; Investigation on jute fibres and their composites based on polypropylene and epoxy matrices: Thèse de doctorat, l'université de Dresden, 2006.
- [19] S. Taj. M. Ali Munawar and S Khan & Natural fiber reinforced polymer composites » Proceedings of Pakistan Academy of Sciences, Vol 44(2) (Mars 2007).
- [20] MC Paiva, I Ammar, AR Campos, RB. Cheikh and AM Cunha «Alfa fibres. Mechanical, morphological and interfacial characterization » Composites Science and Technology, Vol 67, pp 1132-1138 (2006).
- [21] M. Rhanem «L'alfa (Stipa tenacissima L.) dans la plaine de Midelt (haut bassin versant de la Moulouya, Maroc) Eléments de climatologie », Physio-Géo [En ligne]. Vol 3 (janvier 2009).

- [22] M.C. Paiva, I. Ammar, A.R. Campos, R.B. Cheikh. A.M. Cunha « Alfa fibres: Mechanical, morphological and interfacial characterization, Composites Science and Technology. Vol 67. pp.1132-1138(2007).
- [23] M. Harche, D. Boumaga «Etude comparative du tissu fibreux dans la feuille d'alfa- *Stipa tenacissima* L., Bull Soc. Hist. Nat. Alger, pp. 113-120(1979).
- [24] S. Ben Brahim and R. Ben Cheikh Influence of fibre orientation and volume fraction on the tensile properties of unidirectional Alfa-polyester composites, Composites Science and Technology, Vol 67(1), pp.140-147 (2007).
- [25] B Vermeulen «Réalisation de prothèses orthopédiques en fibres naturelles: Des matériaux composites de fibres de verre substitués par des composites de fibres d'Alfa». Le Journal de l'Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles, Fil d'Ariane N° 24 (Mai 2008).
- [26] N. Fulleringer et B. Ponsard « Utilisation des plantes annuelles en papeterie » (2009).
- [27] Atrat. P., Hösel, P. Richter, W., Meyer, H. W., et Hörhold. C. (1991 (Interactions Of *Mycobacterium fortuitum* with solid sterol substrate particles. Journal of Basic Microbiology 31.413-422.
- [28] C Oudet Polymeres structure et proprietes introduction: Ed. elsevier masson, France(1983)249.
- [29] D. Hull and T.W. Clyne, An. Introduction to Composite Materials, 2nd ed. Cambridge University Press,. New York, 1996.
- [30] Balnois, E., Busnel, F., Baley, C., Grohens, Y. An AFM study of the effect of chemical treatments on the surface microstructure and adhesion properties of flax fibres. Composite Interfaces, 2007, v.14, n.7-9, p715-731.
- [31] Balnois, E., Busnel, F., Baley, C., Grohens, Y. An AFM study of the effect of chemical treatments on the surface microstructure and adhesion properties of flax fibres. Composite Interfaces, 2007, v.14, n.7-9, p510.
- [32] Larej MERAD, Enide par Spectroscopic Raman et modelisation d'une resine composite RTM, Laboratoire Matériaus Optiques, photonique et Systèmes

Unité de recherche commune UPV-Metz-Supélec-CNRS,2010.p8-9.

[33] Tripathi G, Srivastava D, Effect of Carboxyl-Terminated Poly (Butadiene-co- crylonitrile XCTHN) Concentration on Thermal and Mechanical Properties of Binary Blends of Diglycidyl Ether of Bisphenol-A (DGEBA) Epoxy Resin », Materials Science & Engineering A. vol. 443, (2007). pp. 262-269.

[34] [VUA 05] Vijay L.R., Palmese G.R., Influence of TetraHydrofuran on Epoxy-Amine Polymerization, Macromolecules, vol. 38, (2005), pp. 6923-6930.

[35] Penn L.S., Wang H, Epoxy Resins, Handbook of Composite, Edited by S.T. Peters, Published in 1998 by Chapman & Hall, London, ISBN 0412 540207.

[36] H. Nechad « Evaluation de l'endommagement et de la rupture de matériaux hétérogènes par ultrasons et émission acoustique: Estimation de la durée de vie restante ». These doctorat. Laboratoire GEMPPM à l'INSA de Lyon, (2004).

[37] D. Gay « Matériaux composites ». Edition Hermes. (1997).

[38] J M Berthelot « Matériaux composites comportement mécanique et analyse des structures, Paris. Masson, p. 615(1992).

[39] S. Ghorab Comportement viscoélastique des matériaux orthotropes ». These magister. Université Mentouri Constantine. p. 114(2005).

[40] Narayanan S., Schadler L.S., Mechanisms of Kink-band in Graphite/Epoxy Composites: a Micromechanical Experimental Study», Composite Materials.

[41] P. Yves « Influence des propriétés de la matrice sur le comportement mécanique de matériaux composites verre/polyester utilisés en construction navale de plaisance - Cas des résines polyester limitant les émissions de styrène » These doctorat Université de Bretagne Sud, (2006)

[42] M. Laarej «Etude par Spectroscopie Raman et modélisation d'une résine composite RTM Laboratoire Matériaux Optiques. Photonique et Systèmes Unité de recherche commune UPV-Metz-Supélec-CNRS, pp.8-9(2010)

[43] F. Bensadou Développement et caractérisation d'un procédé de fabrication de composites et biocomposites à base de nanoparticules d'argile et de résine polyester insaturée destinés à l'industrie du transport. Ecole polytechnique de Montréal. These doctorat, p14(2011)

[44] Karkanis P.L. Partridge LK., Attwood D., « Modeling the Cure of a Commercial Epoxy Resin for Applications in Resin Transfer Moulding », Polymer International, vol. 41,(1996), pp. 183-191.

[45] Potter K., « Beyond the Pin Jointed Net: Maximising the Deformability of Aligned Continuous Fibre Reinforcements », Composites Part A Applied Science and Manufacturing.vol. 33,(2002), pp. 677-683.

[46] Wang J., Page J.R., Patod R., « Experimental Investigation of the Draping Properties of Reinforcement Fabrics », Composites Science and Technology, vol. 58, (1998), pp. 229-231.

[47] Mohammad Hosain Beheshty Composites. 2nd ed. Iran Polymer and Petrochemical Institute, Tehran, 2012.

[48] A. R. Bunsell, Fibre Reinforcements for Composite MaterialsElsevier Netherlands.1988.

[49] BD Agarwal, LJ Broutman, K Chandrashekhara. Analysis and Performance of Fibre Composites, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc. New York, 2006.

[50] S. Brauer, Polymer Nanocomposites: Nanoparticles, Nanoclays and Nanotubes, Business Communications Company Inc., Report P-234R, 2004.

[51] <http://www.maghrebpipe.com/usine>.

[52] N. Venkateshwaran, A. Elaya Perumal and D. Arunsundaranayagam, Fiber surface treatment and its effect on mechanical and visco-elastic behaviour of banana/epoxy composite. Materials and design 47(2013) 151-159.

[53] G. Goud and R. N. Rao, Effect of fibre content and alkali treatment on mechanical properties of Roystonea regia-reinforced epoxy partially biodegradable composites, Bull Mater. Sci. Vol.34. No. 7(2011)1575-1581.

[54] M. H. Osmani, A. Imad and N. Benseddiq. Effect of Chemical treatment on Flexure Properties of Natural Fiber-reinforced Polyester Composite: Procedia Engineering 10(2011)2092-2097.

- [55] C Oudet Polymeres structure et proprietes introduction Ed. Elsevier masson France(1983)249)
- [56] M. Laarej «Etude par Spectroscopic Raman et modélisation d'une résine composite RTM » Laboratoire Matériaux Optiques, photonique et Systèmes Unité de recherche commune UPV-Metz-Supelee CNRS. pp 8-18(2010)
- [57] J. Peng: Détermination des contraintes résiduelles dans des revêtements par diffraction des rayons X en faible incidence: These de Doctoral Ecole Nationale Superieure d'Arts et Métiers, Paris (2006)
- [58] Li Q, Renneckar S. Biomacromolecules 2011, 12, 650–659.
- [59] A. Khan, RA. Khan, S. Salmieri, CL. Tien, B. Riedl, J. Bouchard, G. Chauve, V. Tan, MR. Kamal, M. Lacroix, Mechanical and barrier properties of nanocrystalline cellulose reinforced chitosan based nanocomposite films. Carbohydr. Polym. 90, 1601–1608(2012)
- [60] De Rosa I.M; Kenny J.M; Puglia D; Santulli C; Sarasini F. Morphological, thermal and mechanical characterization of okra (*Abelmoshus esculentus*) fibres as potential reinforcement in polymer composites. Composites Science and Technology, 2010, 70, 116 -122.
- [61] Gañañ P; Mondragon I. Surface modification of fique fibres: Effects on their physic-mechanical properties, Polymer Composites, 2002; 23, 383-393.
- [62] Lopattanon N; Panawarangkul K; Sahakaro K; Ellis B. Performance of pineapple leaf fiber -natural rubber composites: The effect of fiber surface treatments, Journal of Applied Polymer Science, 2006,102, 1974-1984.
- [63] Ouajai S; Shanks R.A. Composition, structure and thermal degradation of hemp cellulose after chemical treatments. Polymer Degradation and Stability, 2005, 89, 327-335.
- [64] B. Meghlaoui, M. Ould Ouali and S. Hocine, U.P.B.Sci.Bull.,Series B, 81 (2019)
- [65] Sgriccia N; Hawley M.G; Misra M. Characterization of natural fiber surfaces and natural fiber composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2008, 39, 1632-1637.
- [66] A. Benyahia, A. Merrouche, Z.E.A. Rahmouni, M. Rokbi, W. Serge and Z. Kouadri, Mechanics and Industry, 15, 69-73(2014)

[67] Sgriccia N; Hawley M.G; Misra M. Characterization of natural fiber surfaces and natural fiber composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2008, 39, 1632-1637.

[68] L. Segal, J. J. Creely, A. E. Martin and C. M. Conrad, An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-Ray diffractometer, Text.Res.J., Vol 29, pp786-794 (1959).

[69] Bahia Meghlaoui, Mohamed Ould Ouali, Smain Hocine, Effet of chemical Treatment of Alfa natural fibers on mechanical properties of polyethylene matrix composites U.P.B.Sci.Bull., Series B, Vol 81, ISS 2, 2019, PP 115-122

[70] Rao, K.M.M.; Rao, K.M.; Prasad, A.R. Fabrication and testing of natural fibre composites: Vakka, sisal, bamboo and banana. Mater. Des. 2010, 31, 508–513.

الملخص:

تهدف هاته المذكرة لاستغلال بعض أنواع الالياف المتواجد في منطقة المسيلة وهي نبات الحلفاء نظرا لما تتمتع به من خصائص فيزيائية وميكانيكية عالية

تم دراسة تأثير المعالجة الكيميائية على خصائص هاته الألياف تأثير الصود بنسب متفاوتة

تم تحضير المركبات إنطلاقا من الياف الحلفاء المعالجة وغير معالجة وألياف الزجاج كموااد تقوية والبوليمير المتصلب حراريا البولي استر غير المشع كمادة التصاق

من بين الإختبار المستعملة قصد التعرف على مدى تأثير المعالجة الكيميائية في مكونات هاته الالياف نذكر ATGFTIR Flexion . كذلك تم قمنا باختبارات ميكانيكية لدراسة متانة المركبات وتأكيد فعالية المعالجة، متمثلة في اختبار الثني ذو ثلاث نقاط.

الكلمات المفتاحية: الحلفاء ، السيليلوز ، معالجة قلووية ، متعدد الأستر، المواد المركبة

Résumé:

Ce mémorandum vise à exploiter certains types de fibres trouvées dans la zone de M'sila, qui est la plante alliée

Il a des propriétés physiques et mécaniques élevées

L'effet du traitement chimique sur les propriétés de ces fibres a été étudié, l'effet du sodium dans des proportions variables

Les composés ont été préparés à partir de fibres alliées traitées et non traitées et de fibres de verre comme matériaux de renforcement

et polymère thermodurcissable polyester non radioactif comme adhésif

Parmi les tests utilisés afin d'identifier l'ampleur de l'effet du traitement chimique sur les composants de ces fibres

Nous avons également effectué des tests mécaniques pour étudier la durabilité des mélanges et confirmer l'efficacité. Rappel de flexion ATGFTIR

Traitement, représenté par le test de flexion trois points.

Mots clés : Alliés, cellulose, traitement alcalin, polyesters, matériaux composites