جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ديالى

كلية العلوم

قسم الفيزياء

تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية للخليط البوليمري [PVA:PVP] المدعم بمسحوق مادة ملحية معدنية

رسالة مقدمة الى

مجلس كلية العلوم/جامعة ديالى

جزءاً من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

من قبل

رافد محمود عبد الله

بكالوريوس علوم فيزياء (٢٠٠٢ م)

بأشراف

أ. د. صباح انور سلمان

٢٠٢٢م ١٤٤٤هـ

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَيَسْأَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ ۖ قُلِ الرُّوحُ
مِنْ أَمْرِ رَبِّي وَمَا أُوتِيتُم مِّنَ
الْعِلْمِ إِلَّا قَلِيلًا ﴾

صدق الله العظيم

سورة الاسراء الآية (85)

الإهداء

إلهي لايطيب الليل الا بشكرك... ولا يطيب النهار الابطاعتك... ولا تطيب اللحظات الا بذكرك... ولا تطيب الاخرة الا بعفوك..... (الله عزوجل).

الى من كلّله الله بالهيبة والوقار... الى من علمني العطاء بدون انتظار ... الى من أحمل أسمه بكل افتخار...والدي (رحمه الله).

الى رمز الحب والحنان ، الى من كانت دعواتها الصادقة سرّ نجاحي.. والدتي (رحمها الله).

الى من كاتفتني وانا أشقُّ الطريق نحو النجاح في مسيرتي العلمية الى رفيقة دربي ... زوجتي .

الى من وهبني الله نعمة وجودهم في حياتي ... أولادي.

الى عزوتي وسندي في الحياة ... أخواني وأخواتي.

رافــد

شكر وتقدير

أحمدُ الله عز وجل كما يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه، واشكره على نعمه التي لاتعد ولا تحصى وارفع إليه اسمى آيات الحمد والثناء حتى يرضى، واسجد حمداً وشكراً أن من علي بنعمة الصحة والتوفيق إلى طريق العلم والمعرفة، والصلاة والسلام على سيدنا محمد نبي هذه الأمة وقدوة الأولين والآخرين وعلى آله وصحبه وسلم أجمعين.

انطلاقا من قوله تعالى: {ومن يشكر فإنَّما يشكر لنفسه} ومن قول الرسول(صل الله علية واله وسلم) (لايشكر الله من لا يشكر الناس) وإيماناً بفضل الاعتراف بالجميل وتقديم الشكروالامتنان لأصحاب المعروف فإني أتقدم بالشكر الجزيل والثناء العظيم إلى مشرفي الاستاذ الدكتور (صباح أنور سلمان) على سعة صدره وتحّمله وعناء المرحلة البحثية ومابذله من جهد كبير في قراءة فصول الرسالة، وتصويباتها، وتقويم خللها فكان نعم المشرف والموجه جزاه الله عني خير مايجزي عباده المحسنين.

وأود أن اعبر عن أمتناني وشكري الى عمادة كلية العلوم متمثلةً بأستاذي الدكتور تحسين حسين مبارك.

كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى رئيس قسم الفيزياء الأستاذ المساعد الدكتور عمار عايش والى أساتذتي في المرحلة التحضيرية وأخص بالذكر الأستاذ الدكتور نبيل علي بكر والأستاذ الدكتور زياد طارق خضير والأستاذ فراس محمود والأستاذ أسعد

أحمد كامل والأستاذ المساعد الدكتور محمد حميد والأستاذ المساعد الدكتور جاسم محمد منصور ومقرر الدراسات العليا الأستاذ المساعد الدكتور جاسم محمد خليل.

كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى من ساعدني على إتمام هذا البحث وقدم لي العون ومد لي يد المساعدة وزودني بالمعلومات اللازمة لإتمام هذا البحث، حيث كانوا عونا لي في بحثي هذا ونورا يضيء الظلمة التي كانت تقف أحيانا في طريقي ذاكراً منهم (الأستاذ المساعد هند وليد والمدرس المساعد محمد علوان والمدرس المساعد مروة رشيد والمدرس المساعد سلمى سلمان والمدرس المساعد علي عبد الستار والسيد رأفت والسيد عدنان والمدرس المساعد محمد طالب) وأتقدم بشكري الجزيل الى زملائي وزميلاتي طلبة الدراسات العليا كافة وبالأخص(إكرام – حسين– فراس – هالة – مروة – ضحى) وفي الختام اقدم شكري وعرفاني بالجميل الى افراد اسرتي لما منحوني من رعاية وتشجيع طيلة مدة الدراسة والبحث ومواكبتهم كل حرف خط في متن هذه الرسالة داعي من الله عز وجل ان يمدهم بالصحة والعافية.

رافد

الخلاصـــــة

تم في هذه الدراسة تحضير اغشية الخلائط البوليمرية [PVA:PVP] النقية و المدعمة بملح $CaCl_2.2H_2O$ بنسب وزنية مختلفة ((10,20,30,40,50)wt%) باستخدام طريقة صب المحلول. تم دراســة الخصــائص البصــرية والحرارية والكهربائية (العزلية) والميكانيكية والكثافة الحقيقية والمسامية الظاهرية والامتصاصية المائية لأغشية الخلائط البوليمرية كافة.

تمت دراسة تأثير النسبة الوزنية للملح على الخصائص البصرية لأغشية الخلائط البوليمرية المدعمة، إذ سجل طيفا النفاذية والامتصاصية ضمن مدى الأطوال الموجية nm (1100-190)، ووجد بأن فجوة الطاقة تقل بزيادة النســبة الوزنية للملح. وأظهرت النتائج أنَّ الانتقالات الالكترونية غير مباشرة مسموحة.

تم دراسة تأثير النسبة الوزنية للملح على الخصائص الحرارية لأغشية الخلائط البوليمرية المدعمة، وأظهرت النتائج العملية أن معامل التوصيل الحراري يزداد مع زيادة النسبة الوزنية للملح، ووجد أنَّ معامل التوصــيل الحراري يكون صــغيراً لأغشــية الخلائط البوليمرية كافة، وأن قيمة كل من درجة الانتقال الزجاجي ودرجة الانصهار البلورية لأغشية الخلائط البوليمرية المدعمة تتغير بزيادة النسبة الوزنية للملح.

تم دراســة تأثير النســبة الوزنية للملح على الخصــائص الكهربائية (العزلية) لأغشــية الخلائط البوليمرية المدعمة، واظهرت النتائج العملية تناقص ثابت العزل الكهربائي بزيادة التردد لأغشــية الخلائط البوليمرية كافة، بينما في حين أظهرت النتائج العملية ايضــا زيادة التوصــيلية الكهربائية المتناوبة مع زيادة التردد ولأغشــية الخلائط البوليمرية كافة، وكذلك زيادة كلً من ثابت العزل الكهربائي والتوصيلية الكهربائية المتناوبة مع زيادة النسبة الوزنية للملح عند التردد نفسه.

تم دراسة تأثير النسبة الوزنية للملح على الخصائص الميكانيكة (الشد والصلادة والصدمة) لأغشية الخلائط البوليمرية المدعمة، حيث نلاحظ الزيادة في قيم خصائص الشد المتمثلة بمعامل يونك و متانة

الشد القصوى (عند كل النسب الوزنية) للـتدعيم بـــملح $CaCl_2.2H_2O$ بالـمقارنة مع غشاء الخليـط البوليـمري [PVA:PVP] النقي. وأظهرت النتائج العملية بأن الصلادة (Shore D) تزداد مع زيادة النسبة الوزنية للملح، وان قيمة طاقة الكسر وقيمة متانة الصدمة تزدادان بزيادة النسبة الوزنية للملح.

تم دراسة تأثير النسبة الوزنية للملح على الكثافة الحقيقة والمسامية الظاهرية والامتصاصية المائية لأغشـية الخلائط البوليمرية المدعمة، وأظهرت النتائج العملية زيادة الكثافة الحقيقية مع زيادة النسـبة الوزنية للملح، وأن المسـامية الظاهرية تقل مع زيادة النسـبة الوزنية للملح، وأن الامتصـاصـية المائية تقل مع زيادة النسبة الوزنية للملح.

قائمة المحتويات

التسلسل	الموضوع	الصفحة
	الخلاصة	
	المحتويات	I – IV
	قائمة الرموز	V – VI
	قائمة المختصرات	VII
	قائمة الجداول	VIII
	قائمة الاشكال	IX - X
	الفصل الاول: (المقدمة والدراسات السابقة)	
(1-1)	المقدمة	**1**
(2-1)	البوليمرات	**2**
(3-1)	البلمرة	**4**
(1-3-1)	البلمرة التكثيفية	**4**
(2-3-1)	بلمرة الاضافة	**4**
(4-1)	بنية البوليمرات	**5**
(5-1)	تصنيف البوليمرات	**6**
(1-5-1)	التصنيف المعتمد على مصادر البوليمرات	**6**
(2-5-1)	التصنيف المعتمد على طبيعة الكيميائية للبوليمرات	**6**
(3-5-1)	التصنيف المعتمد على تكنلوجيا البوليمرات	**7**
(6-1)	الخلائط البوليمرية	**9**
(7-1)	تصنيف الخلائط البوليمرية إعتماداً على حالة التجانس	**10**
(1-7-1)	الخلائط البوليمرية المتجانسة	**10**
(2-7-1)	الخلائط البوليمرية غير المتجانسة	**10**
(8-1)	طرق تحديد التوافقية للخلطات البوليمرية	**11**
(9-1)	المواد المتراكبة	**11**

التسلسل	الموضوع	الصفحة
(10-1)	تصنيف المواد المتراكبة	12
(11-1)	مكونات المواد المتراكبة	16
(1-11-1)	مادة الاساس	16
(1-1-11-1)	بولي فاينيل الكحول	16
(2-1-11-1)	بولي فاينيل البايرولدون	17
(2-11-1)	مواد التدعيم	17
(1-2-11-1)	كلوريد الكالسيوم المائي	18
(12-1)	الدراسات السابقة	18
(13-1)	الهدف من الدراسة	24
	الفصل الثاني: (الجزء النظري)	
(1-2)	المقدمة	25
(2-2)	الخصائص البصرية	25
(1-2-2)	حافة الامتصاص الاساسية	26
(2-2-2)	الانتقالات الالكترونية	28
(1-2-2-2)	الانتقالات المباشرة	28
(2-2-2-2)	الانتقالات غير المباشرة	29
(3-2-2)	النفاذية	31
(4-2-2)	الامتصاصية	31
(3-2)	الخصائص الحرارية	31
(1-3-2)	التوصيلية الحرارية	31
(2-3-2)	درجة الانتقال الزجاجي (T_g)	35
(3-3-2)	درجة الانصهار البلورية (T_m)	36
(4-2)	الخصائص الكهربائية (العزلية)	36

التسلسل	الموضوع	الصفحة
(5-2)	الخصائص الميكانيكية	**43**
(1-5-2)	إختبار الشد	**44**
(2-5-2)	منحني (الاجهاد – الانفعال)	**45**
(3-5-2)	إختبار الصلادة	**47**
(4-5-2)	إختبار الصدمة	**49**
(6-2)	الكثافة الحقيقية	**51**
(7-2)	المسامية الظاهرية	**52**
(8-2)	الامتصاصية المائية	**53**
	الفصل الثالث: (الجزء العملي)	
(1-3)	المقدمة	**54**
(2-3)	المواد المستخدمة	**54**
(1-2-3)	مادة الاساس	**54**
(2-2-3)	مواد التدعيم	**55**
(3-3)	الاجهزة المستخدمة وطريقة تحضير العينات	**55**
(4-3)	تحضير المتراكبات	**59**
(5-3)	الفحوصات والاختبارات والاجهزة المستخدمة	**61**
(1-5-3)	الفحوصات البصرية	**61**
(2-5-3)	الفحوصات الحرارية	**62**
(1-2-5-3)	فحص التوصيلية الحرارية	**62**
(2-2-5-3)	فحص المسعر الحراري التفاضلي	**63**
(3-5-3)	الفحوصات الكهربائية (العزلية)	**64**
(4-5-3)	الاختبارات الميكانيكة	**65**
(1-4-5-3)	اختبار الشد	**65**

التسلسل	الموضوع	الصفحة
(2-4-5-3)	اختبار الصلادة	**66**
(3-4-5-3)	اختبار الصدمة	**67**
(5-5-3)	الفحوصات (الكثافة الحقيقية والمسامية الظاهرية والامتصاصية المائية)	**68**
الفصل الرابع: (النتائج والمناقشة)		
(1-4)	المقدمة	**70**
(2-4)	الخصائص البصرية	**70**
(1-2-4)	فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح	**71**
(3-4)	الخصائص الحرارية	**73**
(1-3-4)	التوصيلية الحرارية	**73**
(2-3-4)	درجة الانتقال الزجاجي (T_g)	**75**
(3-3-4)	درجة الانصهار البلورية (T_m)	**76**
(4-4)	الخصائص الكهربائية (العزلية)	**78**
(1-4-4)	ثابت العزل الكهربائي	**78**
(2-4-4)	التوصيلية الكهربائية المتناوبة	**79**
(5-4)	الخصائص الميكانيكية	**80**
(1-5-4)	اختبار الشد	**80**
(2-5-4)	إختبار الصلادة	**84**
(3-5-4)	إختبار الصدمة	**86**
(6-4)	فحص الكثافة الحقيقية	**88**
(7-4)	فحص المسامية الظاهرية	**90**
(8-4)	فحص الامتصاصية المائية	**91**
(9-4)	الاستنتاجات	**93**
(10-4)	المشاريع المستقبلية	**95**

قائمة الرموز

الرمز	المعنى	الوحدة
α	معامل الامتصاص	□□ □1
□□	فجوة الطاقة	□□
□□	طاقة اورباخ	□ □□
□υ	طاقة الفوتون	□□
□	النفاذية	-
□	الامتصاصية	-
□	الانعكاسية	-
□□□□	فجوة الطاقة البصرية للانتقال الالكتروني غير المباشر	□□
□	متجه الموجة	□□ □1
ΔG	التغير في الطاقة الحرة	□□□ □□
□Δ	التغير في الانثالبية	□□□ □□
□	كمية الحرارة المنتقلة	□
□	معامل التوصيل الحراري	□ □ □□□
□□□□□	تمثل درجة حرارة القرص (A, B and C) في تجربة لي	°□
□	كمية الطاقة لوحدة المساحة في الثانية الواحدة	□ □ □□□
□	سمك القرص	□
□	نصف قطر القرص	□
□	فرق الجهد على طرفي ملف المسخن	□
□	التيار الكهربائي المار في ملف المسخن	□
□□	درجة الانتقال الزجاجي	°□
□□	درجة الانصهار البلورية	°□
□□	درجة التبلور	°□
$\bar{M}$□	معدل الوزن الجزيئي	g/mol
q_i	الشحنه المخزونة	Coulmb
$^0\varepsilon$	سماحية الفراغ	Farad/m
d_{dis}	المساحة الفاصلة بين اللوحين	M
A	المساحة السطحية	m^2
C_o	السعه بوجود الفراغ	Farad

الرمز	المعنى	الوحدة
ε	سماحية المادة العازلة	Farad/m
C□	السعة بوجود مادة عازلة	Farad
ε_r□	ثابت العزل الكهربائي	-
$\vec{E}$	شدة المجال الكهربائي المسلط	□/m
α□	الاستقطابية الالكترونية	-
α_i	الاستقطابية الايونية	-
α_d	الاستقطابية الاتجاهية	-
$\vec{m}$□	عزم ثنائي القطب الالكتروني	□
$\vec{m}$i	عزم ثنائي القطب الايوني	□
$\vec{m}_d$	عزم ثنائي القطب الاتجاهي	□
□□	ثابت بولتزمان	□/□
□□□□2	درجة الحرارة المطلقة الابتدائية والنهائية على التوالي	□
$\vec{P}_i$	الاستقطاب الايوني	C/m²
$\vec{P}_e$	الاستقطاب الالكتروني	C/m²
$\vec{P}_d$	الاستقطاب الاتجاهي	C/m²
$\vec{P}_s$	استقطاب الشحنة الفراغية	C/m²
F	القوة	□
ε	الانفعال	-
□	طاقة الكسر	□g□m²/s□□²
□□	درجة البلمرة	□
□□□□	متانة الشد القصوى	□/m²
□m	معامل يونك	□/m²
ρ□	الكثافة الحقيقية	g/□m□
□	كثافة الماء المقطر	g/□m□
□	وزن العينة	g
A□□	المسامية الظاهرية	-
□□A	الامتصاصية المائية	-

قائمة المختصرات

المختصر	المعنى
□□A	بولي فاينيل الكحول
□□□	بولي فاينيل بايرولدون
□MC	المتراكبات البوليمرية
MMC	المتراكبات المعدنية
CMC	المتراكبات السيراميكية
□□C	المسعر الحراري التفاضلي
□□	الاشعة فوق البنفسجية
□□□	الاشعة المرئية
F□□□	تحويلات فورير للأشعة تحت الحمراء
□□□	حيود الاشعة السينية
□□M	المجهر الالكتروني الماسح

قائمة الجداول

الجدول	العنوان	الصفحة
(1-3)	مخطط الابعاد القياسية للقوالب	□□
(2-3)	النسب الوزنية لأغشية المتراكب (PVA-PVP-$CaCl_2.2H_2O$)	□□
(1-4)	أعظم قيمة لطيف النفاذية والامتصاصية ومعامل الامتصاص لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ مع النسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	**70**
(2-4)	قيمة فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح لاغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ مع النسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	□□
(3-4)	قيمة معامل التوصيل الحراري لاغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ مع النسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	□□
(4-4)	قيمة درجة الأنتقال الزجاجي لاغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ مع النسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	□□
(5-4)	قيمة درجة الانصهار البلورية لاغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ مع النسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	□□
(6-4)	قيمة معامل يونك ومتانة الشد القصوى لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ مع النسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$.	□□
(7-4)	قيمة الصلادة لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ مع النسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	□□
(8-4)	قيمة طاقة الكسر ومتانة الصدمة لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ مع النسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	□□
(9-4)	قيمة الكثافة الحقيقية لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ مع النسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	□□
(10-4)	قيمة المسامية الظاهرية لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ مع النسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	□□
(11-4)	قيمة الامتصاصية المائية لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ مع النسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	**□2**

قائمة الأشكال

الشكل	العنوان	الصفحة
(1-1)	أشكال مختلفة من تراكيب السلسلة الجزيئية للبوليمر	3
(2-1)	صورة توضيحية لخليط بوليمرين	9
(3-1)	مواد متراكبة مدعمة بأشكال مختلفة من مواد التدعيم	15
(1-2)	مناطق حافة الامتصاص الأساسية	27
(2-2)	انواع الانتقالات الالكترونية	30
(3-2)	انتقال الحرارة من الوجه الساخن الى الوجه البارد	32
(4-2)	مخطط جهاز قياس التوصيلية الحرارية (قرص ليّ)	34
(5-2)	العلاقة بين درجة حرارة الانتقال الزجاجي والوزن الجزيئي للبوليمر	35
(6-2)	انواع الاستقطاب	43
(7-2)	منحني (الاجهاد – الانفعال) لمادة بوليمرية	47
(8-2)	اداة الغرز بجهاز صلادة شور	48
(1-3)	الصيغة التركيبية للبوليمرين	54
(2-3)	صورة ملح $CaCl_2.2H_2O$	55
(3-3)	صورة الميزان الالكتروني الحساس	56
(4-3)	صورة الخلاط المغناطيسي	57
(5-3)	مخطط الفحوصات والاختبارات المنجزة	60
(6-3)	مخطط جهاز (UV-VIS)	61
(7-3)	صورة جهاز قياس التوصيلية الحرارية (قرص لي)	62
(8-3)	مخطط جهاز (DSC)	64
(9-3)	صورة جهاز (LCR Metter)	65
(10-3)	صورة جهاز اختبار الشد	66
(11-3)	صورة جهاز إختبار الصلادة	67
(12-3)	صورة جهاز اختبار مقاومة الصدمة	68
(13-3)	صورة ميزان الغمر	69

الشكل	العنوان	الصفحة
(1-4)	فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح لاغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ بنسب وزنية مختلفة من ملح $CaCl_2.2H_2O$	**72**
(2-4)	معامل التوصيل الحراري لاغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ كدالة للنسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	**74**
(3-4)	مخطط (DSC) الحراري الوزني لاغشية [PVA:PVP]-$CaCl_2$ بنسب وزنية مختلفة من ملح $CaCl_2.2H_2O$	**77**
(4-4)	ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد لاغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ بنسب وزنية مختلفة من ملح $CaCl_2.2H_2O$	**79**
(5-4)	التوصيلية الكهربائية المتناوبة كدالة للتردد لاغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ بنسب وزنية مختلفة من ملح $CaCl_2.2H_2O$	**80**
(6-4)	منحني (الاجهاد-الانفعال) لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ بنسب وزنية مختلفة من ملح $CaCl_2.2H_2O$	**82**
(7-4)	معامل يونك لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ كدالة للنسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	**83**
(8-4)	متانة الشد القصوى لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ كدالة للنسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	**84**
(9-4)	الصلادة لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ كدالة للنسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	**85**
(10-4)	طاقة الكسر لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ كدالة للنسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	**87**
(11-4)	متانة الصدمة لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ كدالة للنسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	**87**
(12-4)	الكثافة الحقيقية لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ كدالة للنسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	**89**
(13-4)	المسامية الظاهرية لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ كدالة للنسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	**90**
(14-4)	الامتصاصية المائية لأغشية المتراكب [PVA:PVP]-$CaCl_2$ كدالة للنسبة الوزنية لملح $CaCl_2.2H_2O$	**92**

الفصل الاول

المقدمة والدراسات السابقـــة

(1-1) المقدمــة

يرتبط تأريخ البوليمرات بتطور الإنسان، اذ استخدمها في صناعة الملابس وفي صناعة الأصباغ والأصماغ واستعملت فيما بعد في الوقاية من الماء كما في الإسفلت المستخدم في طلاء القوارب [1].

أما بدايات الدراسات المختبرية للبوليمرات ترجع إلى بداية القرن العشرين وبالتحديد إلى دراسات العالم (Staudinger) (1920) الرائدة في دراسة السلاسل الجزيئية الطويلة الداخلة في تركيب البوليمر لتكوُن الحجر الأساس في بناء علم البوليمرات [2].

وقد نال موضوع البلمرة (Polymerization) والبوليمرات انتباه الأوساط العلمية والصناعية، وقد شخص عدد من الباحثين البوليمرات ووسائل دراسة خصائصها وتصنيعها مما أدى إلى تحسينها وزيادة مجال استخدامها في مختلف جوانب الحياة، فقد دخلت البوليمرات في إنتاج معظم المواد الصناعية من ألعاب الأطفال وهياكل السيارات و الطائرات، كما برز استخدام البوليمرات في تصنيع الخلايا الشمسية والخلايا الكيميائية، وقد صنفت عدد من البوليمرات ضمن العوازل حيث استخدمت في مجال الصناعات الالكترونية لانتاج مواد مفيدة كألواح الدوائر الالكترونية ومواد العزل الكهربائي وطلاء الاسلاك الكهربائية والتوصيلات الكهربائية وهي استخدامات تلائم الطبيعة العازلة لاغلب البوليمرات، ونظرا إلى ما تتصف به عدد من البوليمرات من درجات حرارة وإجهاد عاليين فقد أصبحت بديلا لكثير من معادن البناء التقليدية، في حين برز استخدام البوليمرات المسلحة في البناء الجاهز والعزل الحراري والصوتي الجيد ومقاومتها للظروف الجوية [3].

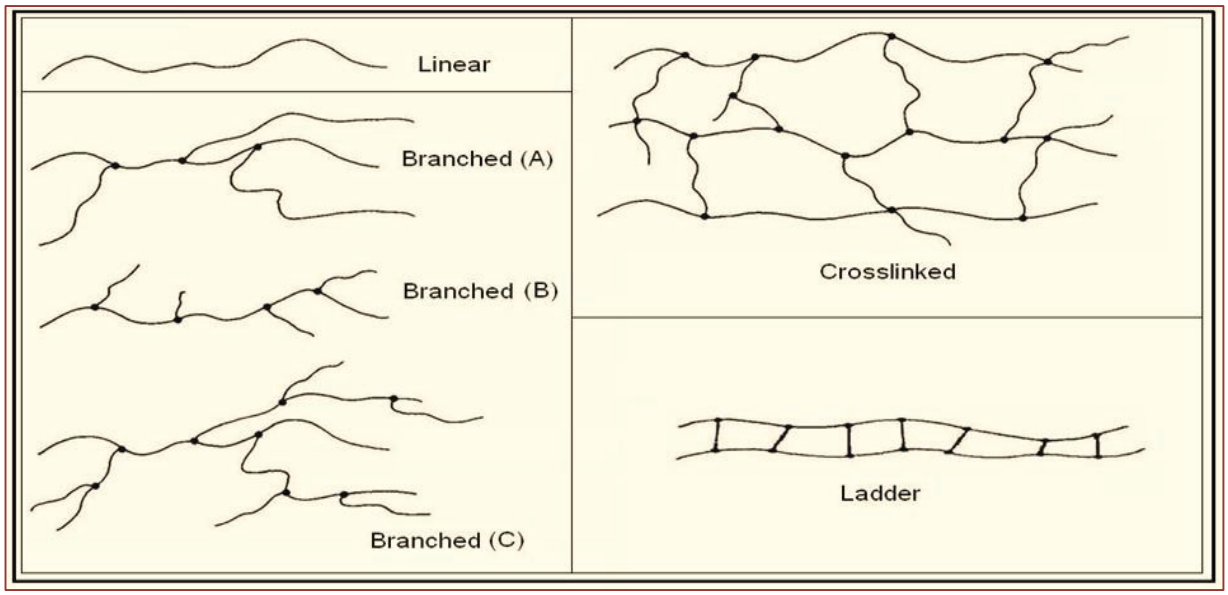
اذ بدأت فكرة المواد المتراكبة ذات الاساس البوليمري انها تعد من المواد الحديثة التي اصبح لها دورًا أساسي في معظم التطبيقات الهندسية والتكنولوجية، وأن استعمال مثل هكذا مواد يجب أن يصاحبه صفات تمكنها من ان تمتلك المتانة الجيدة والاداء التقني العالي، لكي تقاوم الإجهادات والظروف الخارجية المؤثرة بها كدرجات الحرارة والضغط والرطوبة وغيرها، لهذه الاسباب أزداد توجه العلماء والباحثين المختصين لتحضير مثل هذه المواد ودراستها والتعرف على خصائصها تبعا لخصائص المواد الداخلة في تحضيرها وغيرها من العوامل المؤثرة الأخرى [4]. وبالإمكان تعريف المتراكبات بانها تلك الأنظمة الناتجة من اشتراك مادتين أو أكثر، بحيث تمثل كل مادة منهما طورا منفصلا في النظام وذلك للحصول على مواد جديدة مختلفة في خواصها عن خواص المواد الاولية الداخلة في تحضير المادة المتراكبة دون حدوث اية تفاعل كيميائي بين تلك المكونات بحيث يتم في هذه المواد الناتجة المتراكبة تجاوز تلك الصفات غير المرغوب فيها كي تصبح أكثر ملاءمةً للتطبيقات الصناعية والعملية، و بدورها تعتمد صفات المواد

المتراكبة على كلّ من المادة الأساس (Matrix Material) وعلى مواد التدعيم (Reinforcement Materials) وكـذلك عـلى السـطح البيـني وقـوة التـلاصق (Interface and Adhesion Force)، اذ أظهرت الدراسات بان التوزيع غير المتجانس لتلك الجسيمات النانوية داخل مادة الاساس لا يؤدي الى تحسين واضح في خواص المتراكبات، وان مصطلح الاضافات او ما تُدعى بمواد التدعيم النانوية يُستخدم لوصف المواد التي تتشتت طبيعيا في داخل المادة الاساس دون اي تأثير على التركيب الجزيئي للمادة الأساس .

2.1 البوليمرات

علم البوليمر يعرف بإنه علم الجزيئات الكبيرة والتي تبنى بتكرار وحدات كيميائية صغيرة تدعى بالمونيمرات (Monomers) وكل واحدة تمثل الوحدة الأساسية لبناء البوليمر، ترتبط هذه الوحدات البسيطة مع بعضها البعض بأواصر كيميائية مكونة سلاسل جزيئية طويلة ونظراً لذلك فهي عادة تتمتع بوزن جزيئي عالٍ مقارنة بالمركبات الأخرى [5،6]. وعدد المونيمرات التي تتكون منها السلسلة البوليمرية تدعى بدرجة البلمرة (Degree of Polymerization) [5].

أُشتُقَ مصطلح البوليمر (Polymer) من أصل لاتيني يتكون من جزئين الاول (Poly) تعني متعدد والثاني (mer) بمعنى وحدة أو جزء مما يعني أن البوليمر مبلمر في السلسلة البوليمرية، إنَ الاواصر التي تربط الجزيئات البوليمرية مع بعضها هي بصورة عامة أواصر تساهمية (Covalent Bonds) وتوجد قوى جزيئية داخلية تعرف بالقوى الثانوية او قوى فاندرفالز (Vander Waal's Forces) [4].
تكون هذه القوى عادة بين السلاسل البوليمرية أو بين أجزاء السلسلة الواحدة، ولهذه القوى تأثير بالغ حول معظم الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للبوليمرات، ويمكن تقسيم البوليمرات وفقا لشكل السلاسل، فقد تكون جزيئات البوليمر مرتبطة ببعضها بشكل خطّي فيدعى البوليمر الناتج بالبوليمر الخطي (Linear Polymer) وقد تكون السلاسل متفرعة فيدعى بالبوليمر المتفرع (Branched Polymer) وقد تكون ذات تركيب سلمي (Ladder) أو تكون التفرعات متشابكة فيدعى بالبوليمر المتشابك (Cross-Linked Polymer) [4]، وكما موضح في الشكل (1-1).



الشكل (1-1) اشكال مختلفة من تراكيب السلسلة الجزيئية للبوليمر [7].

وتعتمد صفات البوليمر على درجة البلمرة (Degree of Polymerization (Dp وتعرف بأنها عدد الوحدات المتكررة في السلسلة البوليمرية فإذا كانت درجة البلمرة (Dp) قليلة أي تتراوح بين (10) إلى (20) عندئذ يطلق أسم اوليكومير (Oligomer) على هذا النوع من البوليمر، أما البوليمرات الصناعية الشائعة فإن درجات بلمرتها عالية وتتراوح بين (Dp=100) للصموغ والمعاجين اللاصقة و (Dp=1000) او اكثر للمطاط الصناعي والمواد البلاستيكية الصلبة وعليه فأن درجة البلمرة مقياس للوزن الجزيئي للبوليمر حيث يمكننا حساب الوزن الجزيئي للبوليمر بمعرفة درجة البلمرة (Dp) والوزن الجزيئي للمونيمر باستخدام العلاقة الآتية [6]:

الوزن الجزيئي للبوليمر= Dp × الوزن الجزيئي للمونيمر ..... (1-1)

وللبوليمرات صفات كثيرة أهمها [8]:

1– إنها ذات كلفة قليلة و تمتاز بسهولة القولبة وسهلة الإعداد او التصنيع إذ انها لا تتطلب معالجات لاحقة.

2– هي من المواد المرنة وخفيفة الوزن.

3– أغلبها لها مقاومة (كهربائية وحرارية) واطئة ومعامل مرونة واطئ.

4– ذات تراكيب أكثر تعقيداً من المعادن والسيراميك.

5– يتميز بعضها بثبات اللون وشفافيته.

6– تمتاز بعض البوليمرات بمقاومتها للحوامض الضعيفة والقواعد الضعيفة والمحاليل الملحية.

7– ذات كثافة قليلة ومقاومة نوعية عالية ومقاومة عالية للتآكل جعلها مهمّة جدًا للتطبيقات التي لا تتطلب مقاومة ميكانيكية عالية جدًا.

8– تمتاز بان لها مقاومة كيميائية أقوى من المعادن، لكن التعرض طويل الامد إلى الأشعة فوق البنفسجية وبعض المذيبات يتسبب في تحليل (Degradation) خصائص البوليمر.

9– إمتصاص واطئ للرطوبة وصفات كهربائية جيدة.

1-3) البلمرة

إن عملية البلمرة هي من العمليات الكيميائية الاساسية، وتعرف على أنها عملية تحويل الجزيئات الصغيرة ذات الوزن الجزيئي الواطئ (المونيمرات) الى مواد ذات اوزان جزيئية عالية من دون حدوث اي تغير في التركيب الاساسي للجزئيات [9]. ويتم خلالها ربط وحدات المونومير بعضها مع بعض لتكوين البوليمر، اذ قام العالمان فلوري (Flory,1953) وكارتيرس (Carthers,1940) بتقسيم عمليات البلمرة الى مجموعتين هما [10,11].

(1-3-1) البلمرة التكثيفية

يحدث تفاعل التكثيف بين جزيئتين تحتويان على مجاميع وظيفية متعددة وتنتج جزيئة وتستمر هذه التفاعلات إلى أن تستنفذ احدى المتفاعلات كلياً، وتتصف البلمرة التكثيفية بأنها تفقد جزيئة صغيرة في كل خطوة من خطوات التفاعل [10]، وتكون سرعة التفاعل في هذا النوع من البوليمرات أعلى ما يمكن في بداية التفاعل وذلك لوجود المواد المتفاعلة بأعلى تركيز، بعدها تنخفض سرعة التفاعل مع الزمن مثل بوليمر بولي استر [12].

(2-3-1) بلمرة الاضافة

تسمى أيضا تفاعلات النمو المتسلسل (Chain – Growth Polymerization) اي انها ارتباطات متتالية لجزيئات المونيمر، تمر عملية النمو المتسلسل بثلاثة مراحل مختلفة تعرف المرحلة الاولى بمرحلة البدء (Initiation)، ويتم في هذه المرحلة توليد المركز الفعال والذي يكون ايوناً أو مادة تحمل الكتروناً غير مزدوج ويدعى بالجذر الحر (Free Radical)، أما في المرحلة الثانية فينمو المركز الفعال عن

طريق سلسلة من التفاعلات المتماثلة وتسمى بمرحلة النمو (Propagation)، وتتكون السلسلة البوليمرية النامية في المرحلة الاخيرة (Termination) [9,13]، إذ يتوقف نموها عند تفاعل جذرين من الجذور الحرة حيث ينهي احدهما الاخر[14]، وسرعة التفاعل في هذه البوليمرات تزداد من الصفر وتصل الى النهاية العظمى بعد مدة قصيرة من الزمن ومن ثم تثبت عند حالة الاستقرار مثل البولي إيثلين المنخفض الكثافة [5,15].

4-1 بنية البوليمرات

البنية الهندسية للسلاسل البوليمرية تعتمد على نوع الروابط التي تربط الذرات في السلسلة البوليمرية وبسبب الدوران حول الآصرة المنفردة وخاصة عندما يكون البوليمر على هيئة محلول أومنصهر فالسلاسل البوليمرية ستأخذ وضعيات هندسية (Conformations) مختلفة وخاصة عندما يكون البوليمر على هيئة محلول أومنصهر [14]. إن إمكانية الحركة الموضعية لأجزاء معينة من سلسلة البوليمر وظهور مواضع هندسية مختلفة تحدد الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للبوليمر، مثل مرونة المطاط وصلابة بعض البوليمرات الأخرى، وما تقسية المطاط (Vulcanization) لغرض زيادة صلادته وتقليل مرونته إلا مثالا لتقييد حرية حركة السلاسل البوليمرية، إن الحركة الموضعية (Local Motion) للسلاسل البوليمرية تعتمد اعتمادًا كليًا على درجة الحرارة، يكون منصهر البوليمر على شكل سائل لزج، ويكون متحركًا بسبب سلاسل البوليمر التي تتحرك بحرية والتي تكونت فيه. عن طريق تحويل البوليمر إلى منصهر تحت تأثير التسخين التقليدي. ويستفاد من هذه الخاصية في تصنيع البوليمرات وذلك بتحويلها إلى منصهر بتأثير التسخين المنتظم وثم ضغط المنصهر إلى قوالب معينة. وعند تبريد منصهر البوليمر يأخذ البوليمر شكل القالب وتدعى هذه الطريقة من التصنيع بالقولبة (Molding) فعند خفض حرارة المنصهر تتقيد حرية الحركة الانتقالية للسلاسل البوليمرية وتصبح مقتصرة على الحركة الموضعية للسلاسل كحركة بعض المجاميع المعوضة وحركة نهايات السلاسل البوليمرية [9]. اذ يرافق هذه التحولات تغيرات كبيرة في صفات البوليمر الفيزيائية فيتحول البوليمر من منصهر لزج إلى منصهر صلب قوي وتدعى درجة الحرارة الذي يحدث عندها هذا التغير بدرجة الانتقال الزجاجي (Glass Transition Temperature (T_g)) وعندما تنخفض درجة الحرارة دون درجة الانتقال الزجاجي (T_g) سوف تتقيد الحركة الموضعية لأجزاء السلاسل البوليمرية والمجاميع

المعوضة فيتحول البوليمر إلى مادة صلدة هشة. أما عندما يكون البوليمر فوق درجة انتقاله الزجاجي (T_g) فيمتاز بالمرونة [14].

1.5 تصنيف البوليمرات

1.5.1 التصنيف المعتمد على مصادر البوليمرات

يمكن تصنيف البوليمرات من حيث مصادرها الى ثلاثة أصناف رئيسة [14]:

1- البوليمرات الطبيعية

هذه بوليمرات تقسم الى قسمين وهما بوليمرات عضوية وبوليمرات غير عضوية، البوليمرات العضوية مصدرها منتجات طبيعية نباتية أو حيوانية ومن الأمثلة على ذلك السليلوز والنشأ والصمغ العربي والقطن والمطاط الطبيعي والحرير والصوف والجلد وغيرها، وتكون هذه البوليمرات غالية الثمن وذلك لصعوبة الحصول عليها مما جعل استخداماتها محدودة نسبياً والبوليمرات غيرعضوية مصدرها مثل الألماس والرمل والكرافيت [14].

2- البوليمرات الطبيعية المحورة

هي بوليمرات طبيعية تجري عليها بعض التحويرات كتغيير في تركيبها الكيميائي عن طريق إدخال مجاميع جديدة، أو تغيير تركيب بعض المجاميع الفعالة الموجودة فيها أو بتطعيم بوليمر طبيعي باخر صناعي والعكس [9]. ومن الأمثلة على البوليمرات الطبيعية المحورة الصوف الصناعي والقطن المطعم بألياف الأكريليك وخلات السليلوز واسترات السليلوز وغيرها [10].

3- البوليمرات المصنعة

هي البوليمرات يتم تحضيرها من مركبات كيميائية بسيطة وتمثل الأغلبية العظمى من البوليمرات المهمة صناعياً. وهذه تشمل الألياف الصناعية والاصباغ و البلاستيكات المختلفة وغيرها [9].

1.5.2 التصنيف المعتمد على الطبيعة الكيميائية للبوليمرات

تقسم هذه البوليمرات الى ثلاثة أنواع بالاعتماد على التركيب البنائي [14]:

1. **البوليمرات العضوية:** تحضر هذه البوليمرات من مركبات عضوية تحتوي على ذرات الهيدروجين والنيتروجين و الاوكسجين والكبريت والهالوجينات فضلاً عن ذرات الكاربون وتكون هذه الذرات جزءاً مهماً من البوليمرات وهي من اكثر البوليمرات اهمية في الصناعة [15].
2. **البوليمرات اللاعضوية** تتكون هذه البوليمرات عادة من مركبات لا عضوية اي لا وجود لذرات الكاربون فيها، وتتكون سلاسلها الجزيئية البوليمرية عادة من السيليكون فقط أو النيتروجين أو الفوسفور والنيتروجين معا أو البورون والنيتروجين، وتمتاز بمقاومتها العالية للحرارة [16]. كذلك تمتلك هذه المركبات تركيباً شبكياً ثلاثي الإبعاد (Three - Dimensional Network) ومثال على هذا النوع هو اوكسيد المغنيسيوم (MgO) [17].
3. **البوليمرات العضوية – اللاعضوية:** ان هذا النوع من البوليمرات تحتوي سلسلتها الرئيسة على ذرات عناصر اخرى فضلاً عن الكاربون او قد تتكون السلسلة الرئيسة من ذرات لا عضوية لكن تفرعاتها الجانبية تحتوي على ذرات الكاربون متصلة اتصالاً مباشراً بالسلسلة الرئيسة [18]. تمتاز هذه البوليمرات بمقاومتها الجيدة للحرارة، و من الأمثلة على هذا الصنف البولي سلفون [4].

1.5.3 التصنيف المعتمد على تكنولوجيا البوليمرات

صنفت البوليمرات وفقًا لخصائص البوليمر الناتج بالنسبة لتأثره بعملية التسخين الى [14]:

1- البوليمرات المطاوعة للحرارة

هي مواد بوليمرية صلبة القوام عند درجة حرارة المختبر تتغير صفاتها بتأثير الحرارة فالحرارة تحولها الى منصهرات، وعندما تقترب درجة الحرارة من درجة الانتقال الزجاجي (T_g) تصبح مرنة ثم تزداد مرونتها بتحولها إلى منصهرات لزجة، وعند خفض درجة الحرارة تسترجع حالتها الصلبة القوية وتستخدم معظم هذه البوليمرات في صناعات البلاستك والالياف الصناعية [19]. والذي يميز هذا النوع من البوليمرات من البوليمرات المتصلبة حرارياً هو إمكانية إعادة

تدويرها (Recycled) واستخدامها مرة أخرى مثل بولي اثلين وبولي ستايرين وتمتاز بقابليتها على التمدد والاستطالة ومقاومتها العالية للاجهاد والكسر[20].

2- البوليمرات المتصلدة حراريا

هي بوليمرات ذات ارتباط تشابكي إذ يؤدي التشابك إلى إعاقة إعادة تبلور الجزيئات وزيادة الطاقة اللازمة لتحريك مقاطع السلاسل لذلك تكون هذه البوليمرات ذات درجة انتقال زجاجي (T_g) عالية وإن من أهم صفات هذه المواد إنها غير ذائبة وغير قابلة للانصهار ورديئة التوصيل للحرارة والكهربائية [21]، تحدث البلمرة في هذا النوع من البوليمرات نتيجة لارتباط جزيئاتها بأواصر كيميائية قوية، وبسبب قوة الاصرة التساهمية فأن اللدائن المتصلبة لا تلين بتأثير الحرارة إلا إذا تم تسخينها إلى درجة حرارة عالية لتكون كافية لكسر الأواصر التي يؤدي إلى التفحم [22]. ولذا فهي مادة ذات ليونة قليلة وهشة، ومنها البولي أستر غير المشبع والأيبوكسي، يشمل هذا الصنف البوليمرات التي لا تنصهر بالتسخين ولكن يساعد التسخين على ثباتها في شكلها النهائي (تتصلب بفعل الحرارة و الضغط في أثناء تحويل معاجينها إلى الشكل المطلوب في قوالب خاصة) [23].

3- البوليمرات المطاطية

هي عبارة عن بوليمرات ذات سلاسل طويلة ومستقيمة بدون أي روابط متشابكة تقريبًا في سلسلة البوليمر وتتميز هذه البوليمرات بقدرتها على التمدد والتقلص على الرغم من إمكانية تصنيفها على أنها مواد بلاستيكية إلا أن سلوكها قد يكون له خصائص المطاط وتمتاز ايضاً بانخفاض درجة انتقالها الزجاجي (T_g)، وتظهر هذه البوليمرات انفعالاً أعلى عند تعرضها للإجهاد، ويمكنها استعادة أبعادها الأصلية بعد تخفيف الاجهاد، تعتمد قابلية هذا لصنف من البوليمرات لإظهار صفات المرونة على تركيب الجزيئات البوليميرية ذات الساسل الطويلة المرنة المتواجدة ملتفة على بعضها بصورة عشوائية إذ إن معدل المسافة بين النهايتين لجزيئة البوليمير أقل بمرات كثيرة من المسافة حينما تكون الجزيئة في الوضعية الممتدة ومن أمثلتها المطاط الطبيعي والبولي يورثان (Polyurethane) [4].

4- الألياف

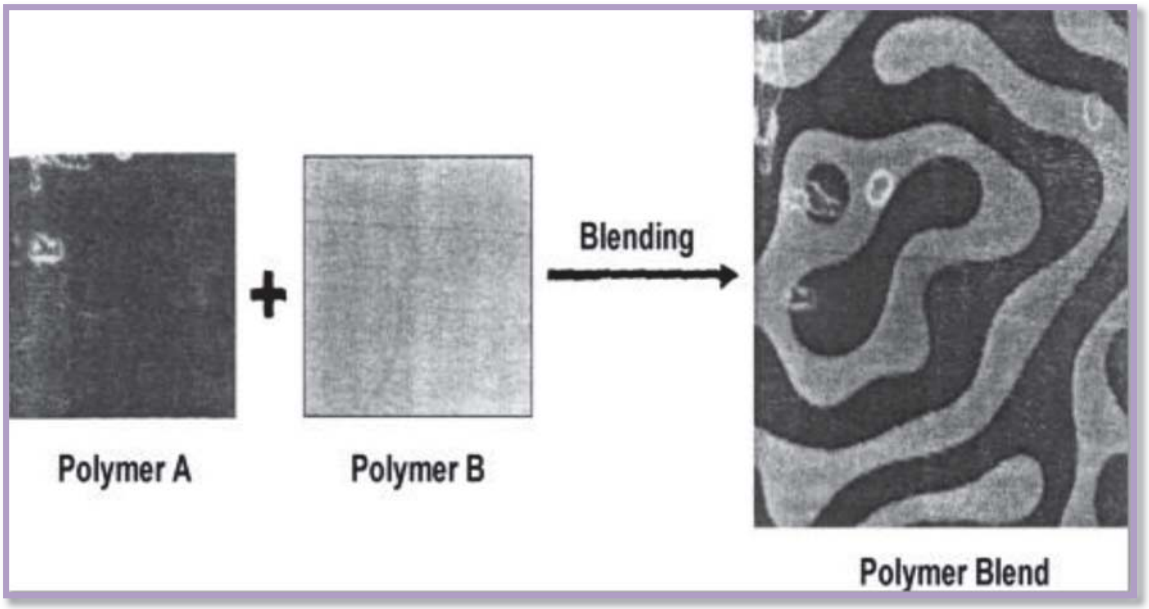
هذا الصنف من البوليمرات يتميز بمواصفات خاصة مثل القوة والمتانة وقابليتها على التبلور ويجب ان تكون السلاسل البوليمرية قادرة على الترتيب بإتجاه محور الليف لكي تكسبها القوة والمتانة و يجب ان تكون السلاسل البوليمرية خطية وليست متفرعة لتتراصف بإتجاه محور الليف، ومن أمثلتها السليلوز والنايلون (Nylon) والأكريلك والبولي أسترات الخطية [24].

(1-6) الخلائط البوليمرية

تُعرَّف الخلائط البوليمرية على أنها مزيج لنوعين أو أكثر من البوليمرات الممزوجة فيزيائيًا، وتتكون الخلائط من اواصر تساهمية بينها، ويكون للمزيج الناتج خصائص تتناسب مع نسبة المكونات الأساسية فضلاً عن أمتلاكه خصائص ميكانيكية [4,16]. وان عملية خلط بوليمرين معًا لتكوين مركب معقد تختلف خصائصه اختلافًا كبيرًا عن خصائص البوليمرات المنفردة المكونة لها وكثيرا من الخلائط تعد أقل جودة من العنصرين المكونين لها، ولكن هناك الكثير من الخلائط التي تمتلك خصائص وسط (Intermediate) أو تفوق خصائص العناصر المكونة لها [25]. وتظهر الخلائط سلوكاً واسعاً ومتغيراً من السلوك الهش (Brittle) للبوليمرات إلى السلوك المرن (Flexible)، فهي بذلك تظهر تحسناً ملحوظاً في المتانة (Toughness) ومقاومة الصدمة (Impact Strength) [18]. ومن الامثلة على ذلك خلط بولي بيوتاداين مع البولي ستايرين بنسب قليلة للحصول على مرونة للبولي ستايرين الهش [6]. ومن اهم أسباب إعتماد الخلائط [26]:

1- تعد الطريقة الأسهل والأرخص لإنتاج مواد البوليمر بمواصفات جيدة مقارنة بالطرق المتطورة الأخرى، لأنها تتطلب خلطًا جيدًا قبل الصب.

2- يمكن التحكم في بنية البوليمر وخاصة (الراتنج) الذي من خلاله نستطيع الحصول على المواد بالمواصفات الصناعية المطلوبة وبتكلفة أقل. الشكل (1-2) يوضح خليط بوليمرين.



الشكل (1-2): صورة توضيحية لخليط بوليمرين [27].

1-7 تصنيف الخلائط البوليمرية إعتماداً على حالة التجانس

1-7-1) الخلائط البوليمرية المتجانسة

الخلائط البوليمرية المتجانسة تحتوي على درجة انتقال زجاجي (T_g) لمزيج من بوليمرين أو أكثر ويكون الخليط قابلاً للذوبان تماماً واحداً في الآخر [28]، ويعد الخليط متجانسا عندما يكون على المستوى الجزيئي ويسلك سلوك طور واحد (Single Phase) والطاقة الحرة له تحقق الشرط الآتي:

$$\Delta G_{mix} \approx \Delta H_{mix} \leq 0 \quad \text{.....(2-1)}$$

إذ ان:

ΔG: التغير في الطاقة الحرة.

ΔH: التغير في الأنثالبية للخليط.

أي أن قيمة الطاقة الحرة إما أن تكون سالبة وأما أن تساوي صفراً، ويعد الخليط المتجانس معدلاً لخصائص البوليمرين المخلوطين [27].

1-7-2) الخلائط البوليمرية غير المتجانسة

تتكون من بوليمرين لا يمكن مزجهما معًا في المستوى الجزيئي وبذلك يتصرف كل منهما تصرفاً مستقلاً ويبقى كل بوليمر محتفظاً بدرجة إنتقاله الزجاجية والطاقة الحرة تحقق الشرط الآتي [28]:

$$\Delta G_{mix} = \Delta H_{mix} > 0 \quad \text{.....(3-1)}$$

عندما يكون البوليمران غير متجانسين (Immiscible) من الممكن تحضير مزيج للأثنين بوساطة المزج إن كانا في الحالة السائلة أو مزج المنصهرات (Melt Mixing) وبعد أن يتصلب المزيج يكون متجانساً (Homogeneous) فالمكونات لا يمكن أن تنفصل بسهولة بسبب اللزوجة العالية للنظام. ولكن من خلال دراسة الخصائص الفيزيائية، يمكن الكشف عن حالة الانفصال على مستوى البناء الدقيق. يمكن تحويل الخلائط غير المتجانسة إلى خلائط بوليمرية متوافقة بوساطة عملية تدعى التوافق (Compatibilization) حيث تعمل على تحسين المواصفات، ان التوافقية للخلطات البوليمرية (Compatibility of Polymer Blends) لاتستخدم لوصف سلوك بوليمري بطور واحد في حين تستخدم لوصف الإلتصاقية الجيدة بين المكونات وهي تعطي معدلاً للخصائص الميكانيكية و سهولة الخلط [28].

اذ ينـتج منهـا خلـيط ذو خصـائص مميـزة وهـذه الخصـائص تكـون مثاليـة بالنسـبة لخصائـص المادتين المخلوطتيـن، ان عمليـة التوافق هي عمليـة تـحوير لخصائـص الخليط غيـر المتـجانس (Immiscible Blend) وذلك بوساطة استخدام بوليمر مشترك (Copolymer) أو مادة بوليمرية تساعد على ربط الطورين إلى بعضهما بقوة أكثر، واغلب الاحيان يستخدم بوليمراً لنفس مادة البوليمرين غير الممتزجين [27,29].

(1-8) طرائق تحديد التوافقية للخلطات البوليمرية

هناك طرائق عدة لتحديد التوافقية للخلطات البوليمرية أهمها [11،30]:

1- تحديد درجة الانتقال الزجاجي (T_g) للخليط.

عندما تظهر درجة انتقال زجاجي (T_g) واحدة معنى ذلك ان الخليط متوافق (Compatible)، أما في حالة ظهور درجتي انتقال زجاجي (T_g) للخليط فذلك يعني بأن الخليط غير متوافق (Incompatible).

2- القياسات الميكانيكية - الحركية والفيزيائية.

تُستخدم هذه القياسات بكثرة لتحديد توافقية الخلطات البوليمرية فإذا أبدت الخصائص الميكانيكية زيادة ملحوظة معنى ذلك ان الخليط متوافق، أما إذا اظهرت تناقصاً ملحوظاً عن خصائص المركبات الداخلة في الخليط فهذا يدل على عدم التوافق.

3- الفحوصات المجهرية واستطارة الاشعة السينية لزوايا صغيرة.

(1-9) المواد المتراكبة

هي المواد الناتجة من جمع او ربط مادتين أو أكثر لا تتفاعلان كيميائياً ولكنهما تتأصران فيزيائياً لتكوين مادة جديدة تمتاز بصفات تختلف عن صفات المواد المكونة لها من الناحية العملية وهي الكثافة القليلة والمتانة العالية للمُنتج المُصنع، فضلاً عن خصائص سطحية مثل مقاومة التآكل ليمتلك كل نوع خصوصية في الأداء والخصائص والتطبيق تميزه عن الأنواع الأخرى لذلك فأنه نظرًا الى أنّ المواد المتراكبة تجمع بين خصائص مادتين أو أكثر، فإن خصائصها مناسبة للعديد من التطبيقات الصناعية، وبالتالي تحتل مكانة بارزة بين المواد الهندسية المختلفة متجاوزة أو مقللة من مساوئ كل مادة فضلاً عن ذلك الإمكانية الفريدة في التحكم بخصائصها سواء عن طريق نوع ونسب المواد الأولية المكونة لها أو من خلال هندسيتها وطرائق تصنيعها [31].

(1-10) تصنيف المواد المتراكبة

المواد المتراكبة تصنف اعتمادا على المادة الأساس إلى ثلاث مجاميع رئيسة هي [32]:

1- مواد متراكبة ذات اساس بوليمري

المواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري تعتبر واحدة من أكثر أنواع المواد المتراكبة شيوعاً، فقد زاد الاهتمام بها بشكل كبير في الآونة الأخيرة، أذ آستخدمت في تطبيقات عدة ابتداءاً من تصنيع القوارب، وأجزاء من الطائرات لكونها ذات كلفة اقل ولما تتميز به من خفة وزن ومتانة عالية، هذا النوع من المواد المتراكبة يتكون من مواد بوليميرية مثل راتنج الايبوكسي و راتنج البولي أستر، ومن اسباب استخدام هذه المواد المتراكبة هي [33]:

1- يمكن تشكيلها في أشكال واحجام مختلفة.

2- لاتصدأ ولا تتآكل و ذات كلفة واطئة.

3- تتميز بمقاومتها للرطوبة والمواد الكيميائية.

4- تكون عازلة جيدة للحرارة والكهربائية.

5- تكون نفاذيتها للغازات والسوائل قليلة.

6- مقاومتها للصدمة و الصلادة عالية.

2- مواد متراكبة ذات أساس معدني

تعد المادة الأساس في هذا النوع مادة فلزية ذات مطيلية (Ductile) وتصنع هذه المواد المتراكبة إما بصهر المادة الأساس ومزجها مع طور التدعيم او استخدام مسحوق للمادة الأساس ومزجها مع مادة التدعيم وكبسهما معاً في قوالب خاصة او بالطلاء الكهربائي لمادة التدعيم بواسطة المادة الأساس، من محاسن هذه المواد المتراكبة استخدامها في درجات الحرارة العالية ومقاومتها للتلف عند تعرضها للأوساط العضوية ويتم استخدامها اكثر من الأنواع الأخرى لعدم حدوث التكسر فيها بسرعة (Fast Fracture) مثل المعادن او السبائك المرنة التي تمتلك معامل مرونة (Elastic Modulus) كبير، ومن مساوئ هذه المواد أنهّا تكون ذات كلفة اقتصادية عالية والمواد المستخدمة في هذا النوع من المواد المتراكبة ممكن ان تكون الياف مستمرة مثل كربيد السليكون او غير مستمرة او شعيرات او قد تكون دقائق مثل مساحيق المعادن كالنحاس [34].

3 مواد متراكبة ذات أساس سيراميكي ( )

المادة الأساس في هذا النوع من المتراكبات عبارة عن مادة سيراميكية إذ يتم التدعيم فيها باستعمال المساحيق او الحبيبات او الالياف مثل الزركونيا (ZrO_2) و كاربيد السيليكون (SiC) و نتريد السليكون (Si_3N_4) وتكون مواد هشة (Materials Brittle) لا تبدي استعداد للطرق او السحب وذلك على الرغم من امتلاكها عدد جيد من الخواص الميكانيكية المتميزة مثل ارتفاع الصلادة ومقاومتها للتأكسد عند درجات الحرارة، ويتصف هذا النوع من المواد المتراكبة بما يلي [34]:

1- تتحمل الإجهادات العالية.

2- تكون مقاومتها للتأكسد عالية و ذات متانة عالية ايضا.

3- ذات معامل تمدد حراري منخفض.

4- تتميز بقدرتها على تحمل درجات الحرارة المرتفعة، لذلك يمكن استخدامها في التطبيقات التي تصل درجات الحرارة فيها أكثر من (1500 °C).

يتم تصنيف المواد المتراكبة ايضا وفقا لأشكال مواد التدعيم إلى [5]:

1 مواد متراكبة مدعمة بالألياف

إن المواد المتراكبة المدعمة بالألياف تسهم الى حد كبير في تحسين الخواص الميكانيكية بشكل عام وفي زيادة مقاومة الشد بشكل خاص، والسبب هو ان المقاومة العالية للالياف تجعلها تتحمل الجزء الأكبر من الحمل الخارجي المسلط ، في حين تقوم المادة الأساس بنقل الإجهاد وإيصاله إلى الألياف [35]. وتتكون الأليياف من نوعين إما بشكل ألياف طويلة او بشكل ألياف قصيرة ضمن المادة الأساس وترص بالاتجاه نفسه او بشكل عشوائي، وتكمن أهمية التدعيم بالألياف بأنها تزيد من مقاومة الشد ومقاومة الصدمة وتحسن في الخصائص الميكانيكية بشكل عام، وأن مادة الليف يمكن أن تكون بشكل الياف فلزية مثل اسلاك النحاس والتنكستن او الياف سيراميكية مثل الياف الزجاج وكاربيد السيليكون او بوليميرية مثل الياف الكاربون [11].

2 مواد متراكبة مدعمة بالطبقات

تتكون مادة التدعيم من الطبقات (Layers) من مواد مختلفة وهي على الأقل ما بين مادتين مختلفتين ترتبطان سوية ، تتكون المادة المتراكبة ذات الطبقات من أطوار مرتبة وفقا لنمط هندسي مصمم حسب الهدف منه فمثلاً تكون على شكل سلسلة متعاقبة من الطبقات أو على شكل نسق أخر

يسمى بالشطيرة (Sandwich) اذ يمكن أن تعطي هذه المواد تحسنا واختلافاً كبيراً في الخصائص الناتجة مقارنة بخصائص أطوارها الداخلية وقد تحتوي الطبقة المنفردة على نفس مكونات الطبقة الأخرى كما قد تكون مغايرة تماما [19]. قد يسمح استخدام هذه المواد المتراكبة للمصممين بإستخدام أفضل الخصائص لكل طبقة من أجل الحصول على مادة متراكبة ذات صفات جيدة منها مقاومة البلى (Wear Strength) و الوزن الخفيف (Weight Light) ومقاومة التآكل (Strength Corrosion) والمتانة (Toughness) والجساءة (Stiffness) والعزل الحراري والصوتي وغيرها من الصفات التي يمكن التحكم بها عن طريق التدعيم بطبقات من مواد متنوعة، اذ يمكن أن تعطي هذه المواد تحسنا واختلافاً كبيراً في الخصائص الناتجة مقارنة بخصائص أطوارها الداخلية وقد تحتوي الطبقة المنفردة على مكونات الطبقة الأخرى نفسها كما قد تكون مغايرة تماما [36,37].

3- مواد متراكبة مدعمة بالجسيمات

هناك نوعان لهذه المتراكبات هما:

- التدعيم بالجسيمات الفعلية

يشبه هذا النوع من التدعيم المواد المتراكبة المدعمة بالتشتت، لكن الاختلاف هو أن قطر الدقائق فيها اكبر من (1 Micron) والتراكيز الحجمية تتراوح %(20-40)، والتدعيم بالدقائق الفعلية يعتمد على قوة الترابط بين المادة الأساس والدقائق، يجب توزيع هذه الدقائق بالتساوي في المادة الأساس للحصول على مواد متراكبة متجانسة وتتكون من انواع وأشكال مختلفة حيث تكون اما قشرية أوكروية أو ابرية أوخطية، وتحسين خصائص المواد المتراكبة يعتمد على خصائص الحشوات نفسها، ومن هذه الدقائق الفعلية استخدام دقائق الكاربون لتدعيم المطاط وكريات الزجاج (Glass Spheres) التي لها استخدام واسع مع البوليمرات لإنتاج متراكبات اقوى تكون ذات صلابة اعلى من البوليمرات وحدها [38,39].

- المواد المتراكبة المدعمة بالتشتت

يكون هذا النوع من المواد المتراكبة ناتج عن دقائق مستمرة صغيرة الحجم موزعة في المادة الأساس أو عن طريق التشتت، وتعرف بأنها دقائق صغيرة تعمل عند درجات الحرارة العالية على إعاقة حركة الإنخلاعات وهي ذات اقطار بحدود (0.1 Micron)، اذ أن توزيع الدقائق المشتتة في المادة الأساس للمادة المتراكبة يكون بشكل عشوائي لذلك تكون مقاومة المادة وخصائصها الأخرى متماثلة عادة في

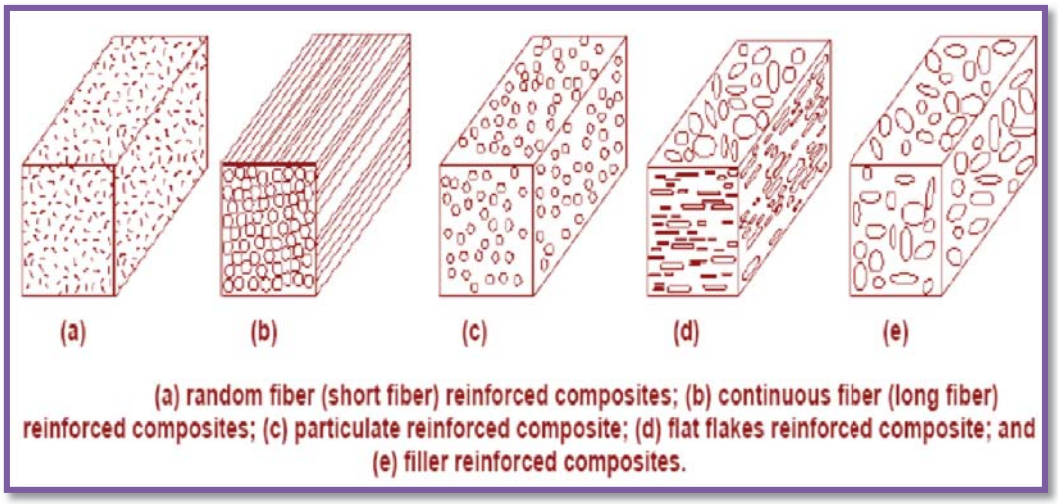
جميع الاتجاهات، هذه الدقائق تتميز باستقرارها الحراري العالي وصلادتها وعدم قابليتها للذوبان مع المادة الأساس وتضاف هذه الدقائق بنسبة وزنية لا تتجاوز (15%) من وزن المادة المتراكبة ككل، ومثال على هذه الدقائق هو أكاسيد الفلزات مثل أوكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) [40].

4- مواد متراكبة مدعمة بالقشور

يمكن استخدام مواد متراكبة مدعمة بالقشور لتحضير المواد المركبة وتحسين خواص المادة الاساس المستخدمة وبالتالي يتسع نطاق تطبيقها صناعياً، ويمكن استخدامها أيضًا لتصنيع مركبات كالزيولايت وسليكات الالمنيوم [41].

5- مواد متراكبة مدعمة بالحشوات

مواد متراكبة مدعمة بالحشوات ذات الاساس البوليمري يجب أن تتحمل الاحتكاك والأحمال الميكانيكية لذلك يجب تقويتها بحشوات التي قد تكون طبيعية مثل نشارة الخشب او تجارية مثل اسود الكاربون [41]. يمكن توضيح هذا التصنيف بالشكل (1-3).



الشكل (1-3): مواد متراكبة مدعمة بأشكال مختلفة من مواد التدعيم [42].

(1-11) مكونات المواد المتراكبة

تتكون المواد المتراكبة من جزئين أساسيين هما:

(1-11-1) المادة الأساس

تعد المادة الأساس الجزء الرئيسي في المادة المتراكبة الذي يحيط ويحافظ على مواد التدعيم لذلك فهي تمثل المادة الرابطة، اذ تعمل على ربط وتماسك مادة التدعيم لتكوين نظام متراكب ومتماسك

يمكنه تحمل القوى الخارجية المؤثرة فيه، كما تعمل على نقل القوى والإجهادات الخارجية إلى مواد التدعيم، ومن الوظائف الاخرى التي تقوم بها المادة الأساس هي التغلغل بين مواد التدعيم فتفصل ارتباط مواد التدعيم أو منع بعضها عن بعض مباشرة فضلاً عن قيامها بالمحافظة على مواد التدعيم من الضرر الناتج عن الظروف الجوية وتغير درجات الحرارة والأكسدة والتآكل، وتتميز المادة الأساس بكونها مادة ذات معامل مرونة قليل وصلادة ومقاومة منخفضتين مقارنة بمادة التدعيم. يمكن ان تكون المادة الأساس مادة بوليمرية أو معدنية أو سيراميكية، اذ يتم اختيارها بناءً على خصائص كثافتها، وموصليتها الحرارية والكهربائية، وقابلية التمدد الحراري ودرجة الانصهار ودرجة الشفافية أو العتامة وسهولة تشكيلها وكلفتها الواطئة نسبياً [33,43].

1.1.11.1 بولي فاينيل الكحول

وهو بوليمر صناعي عديم الرائحة وقابل للذوبان في الماء يصنع من خلات الفاينيل الأحادية (Vinyl Acetate Monomer) بواسطة اخضاعها بالبلمرة والتحلل الجزئي عن طريق اذابته في الماء، والسماح للماء بالتبخر ليتكون غشاء شفاف ذو لدانة عالية ومقاوم للتمزق، وان ذوبانية البوليمر تعتمد على درجة التحلل الجزيئي وقابلية الاصرة الهيدروجينية [44]، ويقسم بوليمر الـ (PVA) المتوفر تجاريا الى نوعين هما البولي فاينيل الكحول التام التحلل بالماء (PVA) (Fully Hydrolyzed) والبولي فاينيل الكحول الذي يتحلل جزئيا بالماء (PVA) (Partially Hydrolyzed) بالإعتماد على عدد مجاميع الخلات (Acetate Groups) في العمود الفقري للبوليمر. أن الاستقرارية الكيمياوية لبوليمر (PVA) في درجات الحرارة الاعتيادية مع امتلاكه خصائص فيزيائية وكيميائية ممتازة أدت الى استخدامه في التطبيقات العملية بشكل واسع في الطب ومواد التجميل والاغذية والصناعات الصيدلانية والتغليف. كما يستخدم بوليمر (PVA) بشكل اساسي في منتجات الالياف والافلام مثل الطلاءات الورقية (Paper Coating) [45,46]. يمتلك ميزة التصاق عالية وكثافته تتراوح ($1.19-1.31 g/cm^3$). إذ إن كميات بوليمر (PVA) الكبيرة تكون خطيرة و خصوصا عند مزجها مع الماء، ويكون غير سام ما دام غير محروق بدرجات الحرارة العالية [44].

2-1-1-1-2) بولي فاينيل بايرولدون

هذا المركب اكتشف سنة (1930) من لدن الباحث (I. G.Larben) اذ تم استخدامه في الحرب العالمية الثانية بشكل واسع بوصفها مادة شبه غروية تستخدم لزيادة كمية البلازما في حالات الجروح والحروق والصدمات بعدها تم تصنيعه بشكل واسع في امريكا [47]. ويُعدُّ الـ (PVP) من البوليمرات المتجانسة وسريعة الذوبان في الماء والمذيبات العضوية الاخرى مثل الكحوليات والامينات والهيدروكاربونات المكلورة والاميدات ويعود سبب ذلك الى ان (PVP) يمتلك مجموعة وظيفية محبة للماء فضلا عن امتلاكه مجموعات وظيفية كارهة للماء وبذلك يصعب الحصول على (PVP) خالٍ من الماء تماماً لأنه ماص للرطوبة بشكل كبير (High Hygroscopice) [48]. ومحلوله مستقر وشبه غروي وحامضي بعض الشيء ومتعادل الشحنة في درجات الاس الهيدروجيني المتعادل وذي الفعالية السطحيه العالية. ويوجد هذا البوليمر بشكل مسحوق أبيض وبأوزان جزيئية مختلفة تتدرج (1000000-11000g/mol) وينصهر بدرجة (300 Co) و له القابلية على تكوين معقدات مع مركبات مختلفة ذائبة وغير ذائبة بالماء مثل الأدوية والسموم الكيميائية وبعض العناصر الثقيلة.

نظرا الى خصائصه الجزيئية وتفاعلاته الكيميائية الواسعة النطاق فقد تم استخدام هذا البوليمر في العديد من الصناعات المهمة مثل (مواد التجميل والزينة والاصباغ والادوية والصناعات الغذائية) [48].

2-1-1-2) مواد التدعيم

تعد مواد التدعيم الجزء الذي يقوي المادة المتراكبة دون التأثير على التركيب الجزيئي للمادة الأساس [43]. اذ تعمل مواد التدعيم على تحسين العديد من الخصائص، بما في ذلك التوصيل الحراري وانخفاض معامل التمدد الحراري والتقلص وزيادة الأمد العمري وزيادة الصلادة ومقاومة البلى وتعديل الخصائص الكهربائية وزيادة المقاومة الكيميائية ومقاومة المذيبات وإضفاء اللون للمادة، وتكون مواد التدعيم أما بوليمرية أو سيراميكية او ملحية معدنية [49،50]، كما انها تصنف إلى الياف (Fibers) أو دقائق (Particles) أو قشور (Flakes) أو صفائح (Plates) اوعلى هيأة شبكة من هذه المواد (التهجين ما بين الانواع)، أو يمكن تصنيفها إلى طبيعية او غير طبيعية او كونها عضوية أو غير عضوية أوتكون مواد طبيعية مطعمة باخرى صناعية وبالعكس [4,43].

(1-2-1-1) كلوريد الكالسيوم المائي

كلوريد الكالسيوم مادة ذات بلورات بيضاء قابلة للذوبان في الماء في درجة (30 °C) ويحمل الصيغة الكيميائية $CaCl_2 .2H2O$ ومن ابرز خصائصه الكتلة المولية له (110.98 g/mol) وكثافته (2.15 g/cm^3) ودرجة انصهاره (772 °C) [49].

(1-2-1) الدراسات السابقة

يتضمن هذا الجزء مراجعة شاملة وواسعة لمدى واسع من البحوث والدراسات التي تم إنجازها في مجال بحثنا ومن أبرز هذه الدراسات:

- قام الباحث (Abdelrazek et al.) عام (2010) بتحضير ودراسة بعض الخواص التركيبية والبصرية والحرارية والكهربائية للخليط البولمري (PVA/ PVP) المدعم بروميد الليثيوم (LiBr) بتراكيز مختلفة ((0, 0.5, 2.5, 5, 10 and 20) wt. %). أجريت قياسات الامتصاص البصري ضمن مدى الاطوال الموجية (200-500 nm)، وبينت النتائج زيادة الامتصاصية بزيادة التدعيم بـ LiBr للمتراكبات البوليميرية، ولقد وجد أن الامتصاص البصري ناتج عن الانتقالات المباشرة وغير المباشرة، وان قيمة فجوة الطاقة تتغير مع زيادة تركيز LiBr ولكافة الانتقالات. واظهرت النتائج تحسن القياس الحراري بزيادة التدعيم بـ LiBr للمتراكبات البوليميرية، وهذا يشير إلى أن المادة المدعمة تعمل كمادة ملدنة. يكون ارتفاع الموصلية ملحوظًا مع زيادة تركيز LiBr، وهذا يعني انخفاض درجة التبلور وزيادة درجة البلورية، وهذا يشير إلى اختيار LiBr كمواد مدعمة لتحسين التوصيل الكهربائي لـ (PVA/PVP) [50].
- قام الباحث (Rajeswari et. al) عام (2013) بتحضير ودراسة بعض الخواص التركيبية والكهربائية والحرارية والبصرية للمتراكبات البوليمرية (PVP-PVA-CH_3COONH_4)، حيث حضرت الأغشية بطريقة الصب وبتراكيز مختلفة ((5, 15, 20, 30 and 35) wt. %) من CH_3COONH_4. تم دراسة الخواص التركيبية باستخدام حيود الاشعة السينية (XRD) وبينت وجود تركيب (PVP-PVA) غير البلوري. اظهرت النتائج الحرارية الى أن جميع مكونات الخليط قابلة للاختلاط وأن درجة الانتقال الزجاجي (T_g) تقل مع زيادة تركيز الملح. بينت النتائج الكهربائية الى تحسن التوصيلية الكهربائية المتناوبة والمستمرة بزيادة تركيز ملح CH_3COONH_4 [51].

❖ قام الباحثان (Abed and Habeeb) سنة (2013) باستخدام طريقة الصب لتحضير المتراكبات البوليميرية وذلك من خلال إضافة كلوريد الكروم إلى البولي كحول فينيل وبولي فينيل بيروليدون (PVA-PVP-$CrCl_2$) بنسب وزنية مختلفة (3,6 and 9) wt %). تمت دراسة الخواص الكهربائية للتيار المستمر بدرجة حرارة (50-90) درجة مئوية، كما تم دراسة الخواص الكهربائية للتيار المتناوب ضمن المدى (100 -5*10^6 Hz) عند درجة حرارة الغرفة. أظهرت النتائج أن الموصلية الكهربائية للتيار المستمر تزداد مع زيادة تركيز الملح، كما تتغير طاقة التنشيط بزيادة تركيزالملح، فضلاً عن ان ثابت العزل وفقد العزل الكهربائي يتناقصان مع زيادة التردد ولكن الموصلية الكهربائية للتيار المتناوب تزداد مع زيادة التردد، بشكل عام يزداد ثابت العزل وفقد العزل وتوصيلية التيار المتناوب مع زيادة تركيزالملح لجميع العينات [52].

❖ قام الباحث (Patil et. al) عام (2014) بتحضير الخليط البوليمري [PVA:PVP] المدعم بملح كلوريد الكوبلت بنسب وزنية wt % (0-42) باستخدام طريقة صب المحلول. وقد تم دراسة كل من الخصائص البصرية باستخدام التحليل الطيفي (UV-Visible) والخصائص التركيبية المتمثلة بـ (XRD) والخصائص الحرارية والكهربائية، اذ تم الحصول على اغشية شبه بلورية بمتوسط حجم بلوري صغير. وتقل فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموح من (4.6 eV) عند النسبة الوزنية (1.5 wt%) الى (4 eV) عند النسبة الوزنية (35 wt%). وكما لوحظ ان طاقة التنشيط التي تم الحصول عليها تقل من (4.1eV) عند النسبة الوزنية (1.5 wt%) الى (3.1 wt%) عند النسبة الوزنية (1.9 wt%) [53].

❖ قام الباحث (Baraker et. al) عام (2015) بتحضير المتراكبات البوليمرية (PVA-PVP-$CdCl_2$) بنسب وزنية wt % (1-40) من كلوريد الكادميوم ($CdCl_2$) باستخدام تقنية صب المحلول. تم اجراء الفحوصات البصرية (UV-Vis) والحرارية (DSC) والكهربائية (D.C) على جميع العينات. تم التحليل الكمي للأطياف المرئية للحصول على المعلمات البصرية، واظهرت النتائج تداخل في نطاقات الامتصاص (قبل حافة الامتصاص) بسبب تكوين نطاقات الطاقة في فجوة الطاقة الممنوعة لـ (PVA-PVP) عند التدعيم بـ $CdCl_2$. بين الفحص الحراري دليلاً على إزالة

السلسلة عند المستويات المدعمة بـ $CdCl_2$ والتي تتجاوز (8 wt %). تم تحديد طاقة التنشيط من القياسات الكهربائية [54].

❖ قام الباحث (Hemalatha et. al) عام (2015) بتحضيرودراسة الخليط البوليمري (PVA-PVP) المدعم بكبريتات النحاس ($CuSO_4$) والمحضر بطريقة صب المحلول. تمت دراسة خصائصه باستخدام حيود الاشعة السينية (XRD) ، وتمت دراسة طيف الامتصاصية للأشعة المرئية فوق البنفسجية (UV-Vis) ودراسة قياس موصلية التيار المتناوب. اظهرت أنماطاً (XRD) لهذه المتراكبات البوليميرية في درجة حرارة الغرفة الزيادة غير البلورية للمصفوفة مع زيادة تركيز $CuSO_4$. من خلال دراسة طيف النفاذية بأستخدام (UV-Vis) تم حساب فجوة الطاقة البصرية الموجودة في العينات. وضحت موصلية التيار المتناوب المقاسة تغير الموصلية في المتراكبات البوليمرية مع وجود كميات مختلفة من $CuSO_4$ [55].

❖ قام الباحثان (Baraker and Lobo) عام (2017) بتحضير ودراسة الخصائص الكهربائية للخليط البوليمري (PVA:PVP) المدعم بملح كلوريد الكادميوم ($CdCl_2$) بنسب وزنية مختلفة (0.5-40) wt %)) والمحضر بطريقة صب المحلول. تضمنت الخصائص الكهربائية قياس التيار الكهربائي المباشر (D.C) المعتمد على درجة الحرارة، وتم تحليل البيانات الكهربائية (D.C) باستخدام نموذج ((Variable Range Hopping (VRH) في نطاق درجات الحرارة المتفاوتة (303-318 k) [56].

❖ قام الباحث (Basha et. al) عام (2018) بدمج الجسيمات النانوية من أكسيد الجرافين (GO) في الخليط البوليمري (PVA/PVP) لتحضيرالمتراكبات البوليمرية بتقنية صب المحلول. تم إجراء فحوصات (XRD و DSC و UV-visible and SEM) على الاغشية النانوية المحضرة. كشف (XRD) عن الطبيعة غير المتبلورة للمتراكبات البوليمرية. تم تحليل الاغشية النانوية بواسطة (DSC). كشف (SEM) عن السمات المورفولوجية ودرجة خشونة العينات. تم قياس الموصلية ووجد انها تبلغ ($6.13*10^{-1}$ S.cm^{-1}) لعينات المتراكبات البوليمرية المحضرة في درجة حرارة الغرفة، وتم حساب معلمات الخلية مثل كثافة الطاقة وكثافة التيار [57].

- قام الباحث (Vanitha et. al) عام (2018) بدراسة الخصائص التركيبية والمورفولوجية للخليط البوليميري (PVA-PVP) المدعم بكلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) والمحضربطريقة صب المحلول. تمت دراسة حيود الأشعة السينية (XRD) وتحويل فورييه الطيفي للأشعة تحت الحمراء (FT-IR). أكدت دراسات (XRD) و(FT-IR) التكوين المعقد للخليط البوليميري. تم حساب الموصلية الكهربائية باستخدام محلل المقاومة ضمن نطاق التردد (1 H_Z- 42 MH_Z) وفي نطاق درجة الحرارة (303 –340 k)، لوحظ ان أعلى قيمة للموصلية الكهربائية (1704×10^{-4} $S.cm^{-1}$) عند النسبة (15 wt%) لكلوريد الكالسيوم عند درجة حرارة الغرفة، وتزداد الموصلية الكهربية مع زيادة تركيز كلوريد الكالسيوم وكذلك درجة الحرارة. تمت دراسة السماحية الكهربائية للمتراكبات البوليمرية لدرجات حرارة مختلفة [58].

- درس الباحثان (Veena and Lobo) عام (2018) الخصائص الحرارية للخليط البوليمري [PVA:PVP] بنسبة [1:1] المحضر بطريقة الصب والمدعم بمادة $KMnO_4$ بنسب وزنية مختلفة ((0,0.012, 0.3, 1, 3.4) wt%)، أظهرت نتائج الفحص الحراري بأستخدام تقنية المسعر الحراري التفاضلي (DSC)، أن درجة الانتقال الزجاجي (T_g) تزداد بزيادة نسبة التدعيم بـ $KMnO_4$ وأن درجة التفكك تزداد بزيادة مستوى التدعيم والسبب في ذلك تشكل تعقيدات مختلفة بواسطة تفاعل $KMnO_4$ مع الخليط البوليمري [59].

- قام الباحث (Abdelrazek et. al) عام (2019) بتحضير المتراكبات البوليميرية (PVA-PVP-MWCNTs) بطريقة الترسيب بالتبخير الحراري (CVD). اذ تمت دراسة الموصلية الكهربائية والخصائص العزلية ضمن نطاق التردد ($10^{-1} - 10^{7} HZ$) في درجات حرارة مختلفة. وجدت ان الموصلية الكهربائية تتحسن لتصل الى اقصى قيمة لها عند النسبة الوزنية للمادة المدعمة (3 wt %) ولكن وجد انها قد انخفضت عند النسبة الوزنية (5 wt %). تم تحليل البيانات التجريبية العازلة باستخدام أشكال مقاومة (Z*) المعقدة والمعامل الكهربائي المعقد (M*)، مما مكن من تحديد الدائرة الكهربائية المكافئة للعينة. قيم طاقة التنشيط التي تم الحصول عليها من توصيل التيار المستمر والمقاومة قريبة وتؤكد أن آلية التنقل مهيمنة أيضًا [60].

❖ قام الباحث (Mahmood et. al) عام (2020) بتحضير ودراسة الخصائص الفيزيائية للخليط البوليمري (PVA:PVP) المدعم بـ $MnCl_2.4H_2O$ بنسب وزنية مختلفة (10, 20, 40) wt %)) باستخدام طريقة الصب. تم دراسة تأثيرالنسبة الوزنية للملح على الخواص العازلة للمتراكبات البوليمرية. أظهرت النتائج التجريبية أن ثابت العزل ومعامل فقد العزل قد تناقصا بزيادة التردد ولجميع المتراكبات البوليمرية، كما زادت الخواص المذكورة اعلاه بزيادة النسبة الوزنية للملح عند نفس التردد. كما أظهرت النتائج التجريبية زيادة في التوصيل الكهربائي للتيار المتناوب مع زيادة التردد ولجميع المتراكبات البوليمرية، كما زادت الموصلية الكهربائية للتيار المتناوب بزيادة النسبة الوزنية للملح عند نفس التردد. وتمت ايضا دراسة تأثير النسبة الوزنية للملح على الخواص الميكانيكية للمتراكبات البوليمرية (PVA:PVP-$CdCl_2$) كافة، واظهرت النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها من اختبار الشد تغيرًا كبيرًا في قيم مقاومة الشد والاستطالة حد الكسر ومعامل يونك مع زيادة النسبة الوزنية للملح، وكذلك زيادة قيمة الصلادة أولاً ثم نقصانها مع زيادة النسبة الوزنية للملح، وتزداد قيمة طاقة الكسر مع زيادة النسبة الوزنية للملح، وبالتالي يمكن أن تكون هذه المتراكبات البوليمرية كافة مرشحاتٍ جيدة للمواد اللاصقة الصلبة ذات المرونة المنخفضة [61].

❖ قام الباحثان (Saleh and Salman) عام (2021) بتحضير الخليط البوليمري (PVA:PVP) المدعم بـ $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ بنسب وزنية مختلفة (10-50) wt %)) باستخدام طريقة الصب. تمت دراسة تأثير النسبة الوزنية للملح على الخواص الميكانيكية للمتراكبات البوليمرية. اظهرت النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها من خلال اختبار الشد زيادة ونقصان في قيمة معامل يونك مع زيادة النسبة الوزنية للملح $MnCl_2 \cdot 4H_2O$، وتزداد قيمة الصلادة وقيمة طاقة الكسر مع زيادة النسبة الوزنية للملح $MnCl_2 \cdot 4H_2O$، وبالتالي يمكن أن تكون هذه المتراكبات البوليمرية كافة مرشحاتٍ جيدة للمواد اللاصقة الصلبة ذات المرونة المنخفضة [62].

❖ قام الباحث (Siva et. al) عام (2021) بتحضير المتراكبات البوليمرية (PVA/PVP/SnO) بنسب وزنية مختلفة من اوكسيد القصدير (SnO) بطريقة صب المحلول. تم اجراء فحوصات حيود الاشعة السينية (XRD) وتحويلات فورير لطيف الاشعة تحت الحمراء (FTIR) والمجهر الالكتروني الماسح (SEM). وقد لوحظ زيادة التركيب البلوري (Crystalinity)

للمتراكبات البوليمرية باضافة المادة المدعمة (SnO). وبين تحليل (FTIR) وجود الهيدروجين مما يعني الترابط (التفاعل) بين (SnO) والخليط البوليمري (PVA/PVP). كشفت نتائج (SEM) أن الجسيمات النانوية (SnO) كانت موزعة بشكل موحد في الخليط البوليمري (PVA/PVP). تم التحقق من السلوك العزلي للمتراكبات البوليمرية باستخدام السماحية العزلية والمعاملات الكهربائية أذ ان ثابت العزل وصل الى اعلى قيمه له عند النسبة (1 % wt) من (SnO)، وان بقية المعاملات الكهربائية، قد قلت بزيادة النسبة الوزنية لـ (SnO). وتشير هذه الدراسة العزلية الى ان المتراكبات البوليمرية (PVA/PVP/SnO) هي نوع من المواد الممتازة المستخدمة لتطبيقات الاجهزة الالكترونية المختلفة [63].

- قام الباحث (Jha et. al) عام (2022) بتحضير المتراكبات البوليمرية (PVA-PVP-CMC-ZnO_2)، وتم إجراء دراسة مقارنة لملاحظة تأثير تشتيت جزيئات أوكسيد الزنك (ZnO) النانوية في مصفوفتين مضيفتين مختلفتين من كحول البولي فينيل (PVA) - بولي فينيل بيروليدون (PVP) – كربون ميثيل السليلوز (CMC). أظهر فحص حيود الاشعة السينية (XRD) لكل أغشية المتراكبات النانوية (PNCs) قمم مميزة لـ ZnO تؤكد تشتت الجسيمات النانوية في الأغشية. أظهرت الصور المجهرية (SEM) لأغشية (PNs) كافة تشتتًا موحدًا لجسيمات ZnO النانوية في كلتا المصفوفتين. يشير تحليل فحص الخواص البصرية والكهربائية إلى تحسن في هذه الخصائص عند التدعيم بكمية من أوكسيد الزنك في كلا المصفوفتين. يُظهر غشاء (PVA-CMC) المشتت بـ ZnO امتصاصًا محسنًا في منطقة الأشعة فوق البنفسجية مع فجوة طاقة منخفضة وقيم (σ_{dc}) أعلى مقارنة بغشاء (PVA-PVP) المشتت بـ ZnO مما يشير إلى أن غشاء (PVA-CMC-ZnO) مادة واعدة في مجال الإلكترونيات الخضراء والإلكترونيات الضوئية [64].

(13-1) الهدف من الدراسة Aim of the Study

1- تحضيرمتراكب ذي اساس من الخليط البوليمري [PVA:PVP] والمدعم بملح كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2.2H_2O$) بطريقة الصب و بنسب وزنية مختلفة (wt% (10, 20, 30, 40, 50)).

2- دراسة تأثير تغيرالنسبة الوزنية المضافة من ملح كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2.2H_2O$) على بعض الخصائص البصرية والتي تضمنت قياس فجوة الطاقة البصرية وبعض الخصائص الحرارية المتضمنة فحص (معامل التوصيل الحراري (k) و درجة الانتقال الزجاجي (Tg) ودرجة الانصهار البلورية (T_m))، وبعض الخصائص الكهربائية العزلية التي تضمنت فحص ثابت العزل الكهربائي والتوصيلية الكهربائية المتناوبة وبعض الخصائص الميكانيكية التي تضمنت اختبار (الشد والصلادة والصدمة) وكذلك قياس كلاً من (الكثافة الحقيقية والمسامية الظاهرية والامتصاصية المائية) للخليط البوليمري [PVA:PVP] النقي.