جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى
كلية العلوم – قسم الفيزياء

تحضير متراكبات بوليميرية مدعمة بالمواد السليلوزية ودراسة بعض خصائصها الفيزيائية

رسالة قدّمها الطالب

محمد منذر حسين

الى مجلس كلية العلوم – جامعة ديالى وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء

بإشراف

أ.م .د زياد طارق خضير **أ. رولا عبد الخضر الصافي**

1439 هـ 2018 م

سورة ٱلرحمٰن

الآية ﴿٧-١٣﴾

الاهداء

الى ارض الحضارات بلاد النهرين دجلة والفرات
وطني حبه واجبي ومهما قلت فيه لن تكفي الكلمات ... وطن الصمود

الى شعار التضحية والصبر، ضياء ينير دربي
يامن غرست الامل ورسخت الطموح في قلبي ... ابي القلب النابض

الى امي يامن عجزت قواميس الدنيا من تفسيرك
جنات وضعت تحت اقدامك من عند الله لتقديرك ... امي رويحة الجنة

الى رفاق الخير وصانعي اركان بيتي وسر حياتي

ملامح دنيتي المرسومة وسبب وجودي وابتساماتي ... اخوتي

اهدي جهدي الصغير لمقامكم الكبير

محمد منذر

الشكر والتقدير

الحمد والشكر لله رب العالمين رب السموات السبع والارضين، خالق الأولين والآخرين، مصور الانسان في بطن امه جنين، فعلمه الكتابة والحكمة ليكون للأمانة حافظا امين. نحمده على كل حال وفي كل حين، والصلاة والسلام على سيد المرسلين وخاتم النبيين سيدنا محمد (صل الله عليه وعلى اله وصحبه اجمعين) والحمد والشكر لله شارح الصدور وميسر الامور لإنجاز ما جاء في رسالتي من عملا وسطور... اما بعد

يدفعني ولائي الى ارضنا لأتقدم بالشكر والفخر الى وطني العراق الذي انتمي له وأعشق ثراه .

كما يدعوني واجب العرفان بالجميل أن أتقدم بوافر الشكر والامتنان إلى رئاسة جامعة ديالى والى عمادة كلية العلوم والى قسم الفيزياء؛ لإتاحة الفرصة لي في تكملة دراستي متمني لهم التقدم والازدهار.

كما أتقدم بالشكر والاحترام الى الدكتور الفاضل (زياد طارق خضير) لما أبداه من توجيهات وجهود قيمة خلال الدارسة البحثية.

كما وأتقدم بجزيل الشكر والتقدير ووافر الامتنان الى الأستاذة الفاضلة (رولا عبد الخضر عباس) لما قدمته من جهود كبيرة وتوجيهات قيمة ومتابعة مستمرة طيلة مدة البحث .

كما أتقدم بفائق شكري وامتناني إلى رئاسة فرع المواد قسم العلوم التطبيقية في الجامعة التكنولوجية والى المنتسبين والعاملين في مختبرات الفرع، بالأخص الاستاذ (مؤيد فائق) والسيدة (وصال اياد) لمنحي فرصة العمل في مختبراتهم لإتمام فحوصات دراستي متمني لهم دوام النجاح، والى منتسبي وحدة الخراطة في مركز التدريب والمعامل واخص منهم المهندس (فواز). كما لا يفوتني أن أتقدم بخالص شكري الى جميع العاملين في مكتبة كلية العلوم في جامعة ديالى الاساتذة (عدنان، ورافت، وصباح)، ولا يسعني الا ان اتقدم بالشكر الى العاملين في المكتبة المركزية للجامعة التكنولوجية وخاصة السيدات (فيفيان، وثورة) ومسؤول المكتبة في قسم العلوم التطبيقية السيدة (نضال) لتعاونهم بتزويدي بكافة المصادر المختلفة.

وأقدم جزيل الشكر الى منتسبي دائرة المواد في وزارة العلوم والتكنولوجيا وأخص منهم الاستاذ (قاسم عبد سلوم) والاساتذة (رعد، وواثق، واحمد، ورياض) لما بذلوا من جهود لإتمام عملي البحثي. وشكري وتقديري الى المزارعين الذين زودوني بالمواد الزراعية المستخدمة في رسالتي متمنيا لهم الموفقية على جهودهم المبذولة.

كما اود ان أتقدم بالشكر الى زملائي طلبة الدراسات العليا لمساعدتهم ومساندتهم المتواصلة لي (احمد، وحامد، ودعاء، وسلمى، ومريم) والى كل من ساهم في إنجاز هذا البحث ولو بكلمة واحدة.

واخيرا ختامها مسك أتقدم بأجل كلمات الطيب وبوافر شكري وأمتناني إلى عائلتي التي شدت من أزري ويسرت لي المصاعب ومنحتني الثقة العالية والاهتمام فكانت خير معين لي طيلة فترة الدراسة وعسى الله أن يعوض صبرهم خيراً.

محمد منذر

الخلاصة

أجريت هذه الدراسة باستعمال البولي بروبلين كمادة اساس للمادة المتراكبة، ومسحوق المخلفات (المتبقيات)الزراعية كمادة مدعمة في تكوين أرضيات الخشب البلاستيكي، ومن أجل تحقيق زيادة المتانة وكفاءة الأداء لهذه المتراكبات لابد من تحسين خواصها الميكانيكية والفيزيائية التي عادة ما تكون ضرورية في مختلف مجالات التطبيقات الهندسية .

ومن سياق ذلك تمت دراسة تأثير أضافة مسحوق المخلفات الزراعية للحصول على مصبوبات متراكبات الخشب البلاستيكي من خلال محورين هما: تدعيم البولي بروبلين بمسحوق المخلفات الزراعية بأنموذج فردي من نوع واحد بعد ما تم اختيار خمسة انواع وهي [اتبان الحنطة، وقشور الشعير، وقشور الرز، والاقراص (الزهرة)والسيقان لنبات عباد الشمس]، أما المحور الثاني حضرت النماذج من تهجين مسحوق هذه المخلفات، اذ تم في البدء تدعيم نوعين من المساحيق [20%مخلفات اتبان الحنطة +20%المخلفات الزراعية الاخرى]. اما الاخر فقد تم تهجين جميع انواع المخلفات الزراعية المستعملة معاً وبنسبة (10%)، مع المحافظة على نفس الكسر الوزني الكلي (40%) والحجم الدقائقي (212 µm). علماً ان جميع النماذج تم تكوينها بطريقة القولبة بالبثق(Extrusion Molding) والتي استعملت لتشكيل المصبوبات بواسطة ماكنة البثق مزدوجة البريمة.

كما تناولت هذه الدراسة تأثير اضافة عوامل تحسين النوعية المتمثلة (معززات الالتصاق السيلاني، والمواد النافخة، ومضادات الاكسدة) على الخصائص الفيزيائية المتضمنة[الصلادة السطحية، ومقاومة البلى، والتوصيلية الحرارية، والكثافة الحجمية، والامتصاصية، وتأثير المحاليل الكيميائية (المنظفات المنزلية)] من اجل اختبار النموذج المقواة بمسحوق مخلفات اتبان نبات الحنطة (سيقان، وقشور). وبصورة عامة أظهرت النتائج العملية بعد معاملة دقائق مخلفات نبات الحنطة بالمادة السيلانية بنسب وزنية wt% (6,4,2) ان المتراكب الحاوي على نسبة wt% (4,2) اظهر تحسنا ملحوظ في الخصائص المدروسة. كما ان عملية زيادة نسبة المادة السيلانية الى (6%) وعند اضافة المادة النافخة الى بنية الاخشاب البلاستيكي المصنعة ادت الى تغييرات في العزل الحراري وبذلك ممكن الحصول على اخشاب بلاستيكية تتميز بالقوة والمتانة الميكانيكية وخصائص اخرى لا تتوافر في الاخشاب الطبيعية. كما بينت الدراسة ان خشب البلاستيكي تتحسن خواصه بشكل عام نتيجة إضافة مضادات الاكسدة بنسبة (2%) ولكن عندما تزيد النسبة الوزنية لهذه المضادات يكون لها تأثير سلبي في صناعة الخشب البلاستيكي.

المحتويات

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
-	قائمة المصطلحات والاسماء العلمية	IV
-	قائمة الرموز	V
-	قائمة الجداول	VIII
-	قائمة الاشكال	IX
	الفصل الاول - المقدمة والدراسات السابقة	
1-1	المقدمة	1
2-1	الدراسات السابقة	3
3-1	الهدف من الدراسة	10
	الفصل الثاني - الجزء النظري	
1-2	الـمـقـدمـة	11
2-2	المواد المتراكبة	12
3-2	المواد المتراكبة ذات الاساس المعدني	13
4-2	المواد المتراكبة ذات الاساس السيراميكي	13
5-2	المواد المتراكبة ذات الأساس البوليميري	14
1-5-2	مـادة الأساس البوليميرية	14
1-1-5-2	البولي بروبيلين(P.P)	17
2-1-5-2	تكنولوجيا تشكيل البوليمرات	21
2-5-2	مواد التدعيم	25
1-2-5-2	نظام تصنيف الحشوات الدقائقية	26
2-2-5-2	الخصائص المؤثرة على تحشيد الحشوات الدقائقية	29
3-5-2	السطح البيني وقوة التلاصق	30

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
1-3-5-2	المادة الرابطة السيلانية	33
6-2	المواد المتراكبة الهجينة	34
7-2	الخواص الميكانيكية السطحية والفيزيائية	36
1-7-2	الصلادة السطحية	36
2-7-2	مقاومة البلى	37
1-2-7-2	انواع البلى	38
2-2-7-2	طرائق قياس البلى	40
3-2-7-2	متغيرات التشغيل اختبار البلى	42
3-7-2	التوصيلة الحرارية	42
4-7-2	قياس الكثافة الحجمية	45
5-7-2	القابلية الامتصاص لمتراكبات الخشب البلاستيكي	46
1-5-7-2	ميكانيكية الانتشار	47
	الفصل الثالث - الجزء العملي	
1-3	المقدمة	48
2-3	المواد المستعملة	48
1-2-3	المادة الاساس	48
2-2-3	مواد التدعيم	49
3-2-3	مضافات تحسين نوعية	51
3-3	نسب الاضافة	52
4-3	تقنية تحضير نماذج متراكب الخشب البلاستيكي	52
1-4-3	مرحلة تهيئة مسحوق المتبقيات الزراعية	52
2-4-3	مرحلة تحضير الخلطات المتراكبة البوليمرية	54
3-4-3	مرحلة القولبة بالبثق	56
5-3	تهيئة العينات والاجهزة المعدة للاختبارات	60

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
1-5-3	تهيئة العينات	60
2-5-3	الاجهزة المستعملة	62
1-2-5-3	جهاز قياس الصلادة	62
2-2-5-3	جهاز قياس معدل البلى	62
3-2-5-3	جهاز قياس التوصيلية الحرارية	64
4-2-5-3	تقنية قياس الكثافة الحجمية	65
5-2-5-3	تقنية قياس الامتصاصية الماء والمحاليل	66
	الفصل الرابع	
1-4	المقدمة	68
2-4	اختبار الصلادة	68
3-4	اختبار البلى	76
1-3-4	دراسة تأثير طبيعة المواد المكونة لمتراكب البلاستيكي على معدل البلى في الظروف الجافة	76
1-1-3-4	تأثير التدعيم بمسحوق المخلفات الزراعية	76
2-1-3-4	تأثير اضافة المادة الرابطة السيلانية	81
3-1-3-4	تأثير اضافة المادة النافخة	83
4-1-3-4	تأثير اضافة مضادات الاكسدة	83
2-3-4	تأثير معاملة اسطح النماذج بالمزلقات الكيميائية على البلى	85
3-3-4	دراسة تأثير متغيرات الاختبار على معدل البلى	93
1-3-3-4	تأثير تغير الحمل المسلط على معدل البلى	93
2-3-3-4	تأثير تغير نصف قطر الانزلاق على معدل البلى	95
3-3-3-4	تأثير تغير زمن الانزلاق على معدل البلى	96

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
4-3-3-4	تأثير تغير نوع القرص الدوار على معدل البلى	97
5-3-3-4	تأثير تغير خشونة سطح العينة على معدل البلى	98
4-4	اختبار التوصيلية الحرارية	99
5-4	اختبار الكثافة الحجمية	106
6-4	اختبار الامتصاصية	113
1-6-4	الغمر في الوسط المائي	114
2-6-4	الغمر في الوسط المحلول الكيميائي	123
	الاستنتاجات	136
	التوصيات واقتراحات العمل المستقبلية	138
	المصادر	139

المصطلحات والاسماء العلمية

Meaning	المختصر	المعنى
Agricultural Waste Flour	AWF	دقيق المخلفات الزراعية
Wheat Hays	WH	اتبان الحنطة
Barley Husks	BH	قشور الشعير
Rice Husks	RH	قشور الرز
Sun Flower	SF	زهرة عباد الشمس
Stalk Sun Flower	SSF	سيقان عباد الشمس
Themogravimetric Analysis	TGA	الوزن النوعي الحراري
Metal Matrix Composites	MMCs	متراكبات ذات أساس معدني
Ceramic Matrix Composites	CMCs	متراكبات ذات أساس سيراميكي
Polymer Matrix Composites	PMCs	متراكبا ذات أساس بوليمري
Polypropylene	PP	بولي بروبلين
Silane Coupling Agent	S.C.A	المادة الرابطة السيلانية
Antioxidants	U.V-Stabilizer	مضادات الأكسدة
Blowing Material	B.M	المادة النافخة
Sodium Hypochlorite	-	ماء جافيل (القاصر)
Sodium Sulfonate	-	سائل التنظيف (الزاهي)
Plastic Wood Composite	PWC	متراكب الخشب البلاستيكي
Wood Waste Agricultural plastic	Wood.W. Ag.plastic	خشب المخلفات الزراعية البلاستيكي
Computer Numerical Control Machine	CNC	ماكنة التقطيع الرقمية

الرموز

Meaning	معنى الرمز	الوحدة	الرمز
Weight Fraction	الكسر الوزني	%	ψ_w
Surface Tension Interface (solid-vapor)	الشد السطحي البيني(صلب-بخار)	N/m	γ_{SV}
Surface Tension Interface (solid-liquid)	الشد السطحي البيني (صلب- سائل)	N/m	γ_{Sl}
Surface Tension Interface (liquid-vapor)	الشد السطحي البيني (سائل - بخار)	N/m	γ_{LV}
Contact Angle	زاوية التماس	Degree ^{o}	Θ
Wear Rate	معدل البلى	g/cm	W.R
Losses of Sample's Mass	الفرق في كتلة النموذج	g	Δm
Sliding Distance	مسافة الانزلاق	cm	S_D
Sliding Velocity	سرعة الانزلاق	cm/sec	V
Time	الزمن	sec	t
Radius	نصف قطر العينة	cm	r
Load	الحمل المسلط	N	-
Thermal Conductivity	التوصيلية الحرارية	W/m.K	K
Loss of Heat	الفقدان في الحرارة	$W/m^2.^oC$	e
Electric Current	التيار الكهربائي	Amp	I
Voltage	فرق الجهد	volt	V
Thickness of Disks	سمك الاقراص	cm	d_A,d_B,d_C
Temperatures of Disks	درجة حرارة الاقراص	^oC	T_A,T_B,T_C
Bulk Density	الكثافة الحجمية	g/m^3	B.D
Height	الارتفاع	cm	-

Meaning	معنى الرمز	الوحدة	الرمز
Volume	الحجم	cm^3	V
Flux	التدفق	$mol.cm^{-2}.sec^{-1}$	F_X
Diffusion Coefficient	معامل الانتشار	$cm^2.sec^{-1}$	D_x
Concentration Gradient	تدرج التركيز	$mol.cm^{-3}$	dc/dx
Weight Gain	الربح في الكتلة	—	M_∞
Thickness	سمك العينة	cm	-

الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
(1-1)	احصائيات بعض المحاصيل الزراعية بوحدة ألف طن	2
(1-2)	توضيح التركيب الكيميائي لبعض ألياف الخشب الطبيعية	28
(1-3)	يوضح بعض المواصفات الفيزيائية للبولي بروبلين التجاري المستعمل	49
(2-3)	مكونات مصبوبات خشب متراكبات البولي بروبلين المدعم بالمخلفات الزراعية البلاستيكي المحضرة في هذه الدراسة .	59
(3-3)	a-الابعاد الهندسية للعينة b-صورة فوتوغرافية للعينة	60

الاشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
(1-2)	عملية تحويل مونومير غاز البروبلين الى البولي بروبلين بوجود المحفزات	17
(2-2)	أنواع البولي البروبلين المتجانس (A)العشوائي ،(B)المتناوب،(C) المنتظم	20
(3-2)	مخطط توضيحي لماكنة البثق	24
(2-4)	تأثير قوى الشد السطحي في قطرة السائل مع المادة الصلبة	31
(5-2)	مخطط توضيحي للاستعمال بوجود او بدون المادة الرابطة	33
(6-2)	التركيب الكيميائي للمادة السيلانية والية التفاعل بصورة عامة	34
(2-7)	طريقة فحص صلادة(Shore-D)	37
(8-2)	البلى الالتصاقي	40
(9-2)	مخطط جهاز قرص لي لقياس التوصيلية الحرارية	44
(10-2)	مخطط توضيحي لبعض قيم الكثافة لنماذج من المواد المتمثلة بالمعادن والسيراميك والبوليمرات والمواد المتراكبة	45
(1-3)	صورة حبيبات البولي بروبلين التجاري المستعمل في الدراسة	49
(2-3)	صور المتبقيات الزراعية المستعملة قبل وبعد عملية الطحن	50
(3-3)	مخطط تفصيلي عن عملية طحن المخلفات الزراعية وتحويلها الى مسحوق بحجم دقائقي (212µm).	53
(4-3)	مخطط توضيحي عن مراحل عملية معاملة مسحوق المخلفات الزراعية بالمادة الرابطة السيلانية (Dimethyldichlorsilane)	55
(5-3)	صورة لماكنة البثق المستعملة	56
(6-3)	صورة للعجينة البولي بروبلين ومتراكباته المنصهرة من فوهة الباثقة	57
(7-3)	يبين القالب المعدني قبل وبعد التغليف.	57
(8-3)	صورة فوتوغرافية للمكبس النصف الي اثناء عملية الكبس.	58
(9-3)	صور نماذج خشب متراكبات البولي بروبلين المدعم بالمخلفات الزراعية البلاستيكي المحضر في هذه الدراسة	58
(10-3)	ماكنة (CNC) المستعملة	59
(11-3)	صورة فوتوغرافية لجهاز قياس الصلادة	61
(12-3)	صورة لجهاز قياس البلى	62

الرقم	العنوان	الصفحة
(13-3)	منظومة قياس التوصيلية الحرارية	63
(14-3)	الميزان الحساس المستعمل نوع (Aeadam)	65
(15-3)	صورة لعينات الامتصاصية بتأثير (a)الماء الاعتيادي(b)سائل التنظيف (الزاهي) (c)ماء جافيل (القاصر)	66
(1-4)	التغير في قيم الصلادة(Shore-D) لجميع النماذج البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المستعملة.	69
(A2-4) (B2-4)	تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على الصلادة لمتراكبات المخلفات الزراعية ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة(P.P+ Wheat Hays)	69
(C2-4) (D2-4)	تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على الصلادة لمتراكبات المخلفات الزراعية ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة(P.P+ Wheat Hays)	70
(3-4)	التغير في قيم الصلادة(Shore-D) للمواد المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية المستعملة	71
(A4-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع زهرة عباد الشمس على قيم الصلادة ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بأتبان الحنطة.	71
(D4-4) (C4-4) (B4-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم الصلادة ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بأتبان الحنطة	72
(5-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم اربعة انواع من المخلفات الزراعية المستعملة على قيم الصلادة ومقارنتها بمتراكب أتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays).	73
(6-4)	تأثير تغير نسب المادة الربطة السيلانية على الصلادة لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي	74
(7-4)	تأثير تغير نسب المادة النافخة على الصلادة لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي	75
(8-4)	تأثير تغير نسب مضادات اكسدة على الصلادة لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي	76
(9-4)	التغير في قيم معدلات البلى لجميع نماذج البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المستعملة.	77
(A10-4) (B10-4)	تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم معدل البلى لنماذج متراكبات المخلفات الزراعية ومقارنتها مع البولي بروبلين(P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة	78
(C10-4) (D10-4)	تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم معدلات البلى لنماذج متراكبات المخلفات الزراعية ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة	79

الرقم	العنوان	الصفحة
(11-4)	التغير في قيم معدلات البلى لمواد متراكبة هجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية المستعملة	79
(A12-4) (B12-4) (C12-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم معدلات البلى ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد	80
(D12-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع سيقان عباد الشمس على قيم معدلات البلى ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays)	81
(13-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأربعة انواع من المخلفات الزراعية على قيم معدلات البلى ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays)	81
(14-4)	تأثير تغير نسب المادة الرابطة السيلانية على معدل البلى لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min)	82
(15-4)	تأثير تغير نسبة المادة الرابطة السيلانية على معدل البلى لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min)	83
(16-4)	تأثير تغير نسب مضادات الاكسدة على معدل البلى لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).	84
(17-4)	التغير في قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية بالمزلقات (المنظفات) المنزلية لمتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي.	85
(A18-4) (B18-4) (C18-4)	تأثير استعمال المزلقات (المنظفات) المنزلية المتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات متراكبات المخلفات الزراعية مع مقارنتها بالبولي بروبلين (P.P Pure) و متراكب أتبان الحنطة(P.P+ Wheat Hays).	86
(D18-4)	تأثير استعمال المزلقات (المنظفات) المنزلية المتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات متراكبات سيقان عباد الشمس مع مقارنتها بالبولي بروبلين (P.P Pure) و متراكب أتبان الحنطة	87
(19-4)	التغير في قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات البوليمرية المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية بالمزلقات (المنظفات) المنزلية	87
(A18-4) (B18-4) (C18-4)	تأثير استعمال المزلقات (المنظفات) المنزلية المتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات متراكبات المخلفات الزراعية مع مقارنتها بالبولي بروبلين (P.P Pure) و متراكب أتبان الحنطة(P.P+ Wheat Hays).	86

الرقم	العنوان	الصفحة
(D18-4)	تأثير استعمال المزلقات (المنظفات) المنزلية المتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات متراكبات سيقان عباد الشمس مع مقارنتها بالبولي بروبلين (P.P Pure) و متراكب أتبان الحنطة	87
(19-4)	التغير في قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات البوليمرية المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية بالمزلقات (المنظفات) المنزلية	87
(A20-4) (B20-4) (C20-4)	تأثير استعمال المزلقات (المنظفات) المنزلية المتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات المتراكبات الهجينة المدعمة بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد.	88
(D20-4)	تأثير استعمال المزلقات (المنظفات) المنزلية المتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات المتراكبات الهجينة المدعمة بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد.	89
(21-4)	تأثير استعمال المزلقات(المنظفات)المنزلية المتمثلة ماء جافيل وسائل الزاهي على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات المتراكبات الهجينة المدعمة بأربعة انواع من المخلفات الزراعية ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة(PP+Wheat Hays)	89
(22-4)	تأثير تغير نسبة المادة الرابطة السيلانية على معدل البلى لخشب تبن الحنطة البلاستيكي باستعمال المنظفات المنزلية تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min)	90
(23-4)	تأثير تغير نسبة المادة النافخة على معدل البلى لخشب تبن الحنطة البلاستيكي باستعمال المنظفات المنزلية تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min)	90
(24-4)	تأثير تغير نسبة مضادات الاكسدة على معدل البلى لخشب تبن الحنطة البلاستيكي باستعمال المنظفات المنزلية بظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min)	91
(25-4)	تأثير استعمال الماء الاعتيادي والمنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل الزاهي) على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات متراكب أتبان الحنطة البلاستيكي .	92
(26-4)	تأثير اختلاف تراكيز المزلقات(المنظفات)المنزلية المتمثلة ب (ماء جافيل، وسائل الزاهي)على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات متراكب أتبان الحنطة البلاستيكي	93
(27-4)	العلاقة بين معدل البلى مع زيادة الحمل المسلط تحت ظروف تشغيل (نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).	95
(28-4)	العلاقة بين معدل البلى وزيادة نصف قطر الانزلاق تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، الزمن 1min)	96

الرقم	العنوان	الصفحة
(29-4)	العلاقة بين معدل البلى وزيادة زمن دوران القرص تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm).	97
(30-4)	العلاقة بين معدل البلى ونوع القرص الدوار تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).	98
(31-4)	العلاقة بين معدل البلى وخشونة سطح العينة المعامل بورق التنعيم تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).	99
(32-4)	التغير في قيم التوصيلية الحرارية لجميع نماذج البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المستعملة.	100
(A33-4) (B33-4) (C33-4)	تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على التوصيلية الحرارية لنماذج متراكبات المخلفات ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) و متراكب أتبان الحنطة	101
(D33-4)	تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم التوصيلية الحرارية لنماذج متراكبات سيقان عباد الشمس ومقارنتها مع البولي بروبلين بمتراكب أتبان الحنطة البلاستيكي	102
(34-4)	التغير في قيم التوصيلية الحرارية لمواد متراكبة هجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية المستعملة.	102
(A35-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم التوصيلية الحرارية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد	102
(B35-4) (C35-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية على قيم التوصيلية الحرارية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد	103
(36-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأربعة انواع من المخلفات الزراعية المستعملة على قيم التوصيلية الحرارية ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة (P.P+Wheat Hays)	104
(37-4)	تأثير تغير نسب المادة الرابطة السيلانية على التوصيلية الحرارية لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكية	105
(38-4)	تأثير تغير نسب المادة النافخة على التوصيلية الحرارية لأخشاب الحنطة البلاستيكية	105
(39-4)	تأثير تغير نسب مضادات الاكسدة على التوصيلية الحرارية لاخشاب الحنطة البلاستيكي.	106
(40-4)	التغير في قيم الكثافة لجميع النماذج البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المستعملة	107
(A41-4) (B41-4) (C41-4)	تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم الكثافة لنماذج متراكبات المخلفات الزراعية ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة	108

الرقم	العنوان	الصفحة
(D41-4)	تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم الكثافة لمتراكبات سيقان عباد الشمس ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة	109
(42-4)	التغير في قيم الكثافة الحجمية للمواد متراكبة هجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية المستعملة	109
(A43-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم الكثافة الحجمية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد	109
(B43-4) (C43-4) (D43-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم الكثافة الحجمية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد	110
(44-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأربعة انواع من المخلفات الزراعية على قيم الكثافة الحجمية ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة(P.P+Wheat Hays)	111
(45-4)	تأثير تغير نسب المادة الرابطة السيلانية على الكثافة الحجمية لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.	112
(46-4)	تأثير تغير نسب المادة النافخة على الكثافة الحجمية لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي	112
(47-4)	تأثير تغير نسب مضادات الاكسدة على الكثافة الحجمية لاخشاب الحنطة البلاستيكي	113
(48-4)	التغير في قيم الامتصاصية للعينات البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما	115
(49-4)	التغير في قيم الامتصاصية للعينات البوليمرية المتراكبة الهجينة المدعمة بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما	116
(50-4)	(التغير في قيم معامل الانتشارية للنماذج البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما	116
(A51-4)	تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم معامل الانتشارية لمتراكبات زهرة عباد الشمس ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة	116
(B51-4) (C51-4) (D51-4)	تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم معامل الانتشارية لمتراكبات المخلفات الزراعية المستعملة ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) و متراكب أتبان الحنطة المغمورة في ماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما.	117
(52-4)	التغير قيم معدلات البلى للمواد المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة (27± 2ºC) لمدة (80) يوما.	118

الرقم	العنوان	الصفحة
(A53-4) (B53-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية على قيم معامل الانتشارية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما.	118
(C53-4) (D53-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم معامل الانتشارية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما.	119
(54-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأربعة انواع من المخلفات الزراعية المستعملة على قيم معامل الانتشارية ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما	119
(55-4)	العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية والمادة الرابطة السيلانية لأخشاب الحنطة البلاستيكي المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة(27± 2ºC لمدة(80) يوما	120
(56-4)	معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة الرابطة السيلانية المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة(27± 2ºC) لمدة (80) يوما	121
(57-4)	العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية والمادة النافخة لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمورةفي الماء الاعتيادي بدرجة حرارة(27± 2ºC) لمدة(80) يوما	121
(58-4)	معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة النافخة والمغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة(27± 2ºC) ولمدة (80) يوما	122
(59-4)	العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية ومضادات الاكسدة لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمورةفي الماء الاعتيادي بدرجة حرارة(27± 2ºC) لمدة(80) يوما	122
(60-4)	معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بمضادات الاكسدة والمغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة(27±2ºC) ولمدة (80) يوما.	123
(a61-4)	التغير في قيم الامتصاصية بعد غمر العينات البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المستعملة المغمورة في ماء جافيل بدرجة حرارة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما.	124
(b61-4)	التغير في قيم الامتصاصية بعد غمر العينات البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المغمورة في سائل التنظيف (زاهي) بدرجة حرارة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما.	125
(a62-4)	التغير في قيم الامتصاصية للعينات البوليمرية المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من أتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة المغمورة في ماء جافيل بدرجة حرارة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما.	125
(b62-4)	التغير في قيم الامتصاصية للعينات البوليمرية المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من أتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة المغمورة في سائل التنظيف (زاهي) بدرجة حرارة الغرفة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما.	126

الرقم	العنوان	الصفحة
(63-4)	التغير في قيم معامل الانتشار لنماذج المواد المتراكبة المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف) بتركيز (14%) بدرجة حرارة الغرفة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما	126
(A64-4) (B64-4) (C64-4)	تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم معامل الانتشارية لنماذج متراكبات المخلفات الزراعية المستعملة ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف) بتركيز (14%) بدرجة حرارة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما.	127
(D64-4)	تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم معامل الانتشارية لنماذج متراكبات المخلفات الزراعية المستعملة ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف) بتركيز (14%) بدرجة حرارة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما.	128
(65-4)	التغير في قيم معامل الانتشار لنماذج المواد المتراكبة المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف) بتركيز (14%) بدرجة حرارة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما.	128
(A66-4) (B66-4) (C66-4)	الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية على قيم معامل الانتشارية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف)بتركيز (14%) بدرجة حرارة (27± 2ºC) لمدة (80) يوما.	129
(D66-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم معامل الانتشارية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف)بتركيز (14%) بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما.	130
(67-4)	تأثير الية التهجين عند التدعيم بأربعة انواع من المخلفات الزراعية المستعملة على قيم معامل الانتشارية ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة المغمورة في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف)بدرجة حرارة(27± 2ºC) لمدة (80) يوما.	130
(a68-4) (b68-4)	العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية والمادة الرابطة السيلانية لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمورة في (a) ماء جافيل (b)سائل التنظيف بدرجة حرارةالغرفة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما.	131
(a69-4) (b69-4)	العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية والمادة النافخة لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمور بتأثير (a) ماء جافيل (b)سائل التنظيف بدرجة حرارة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما.	132
(a70-4) (b70-4)	العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية ومضادات الاكسدة لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمور بتأثير (a) ماء جافيل (b)سائل التنظيف (زاهي) بدرجة حرارة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما.	133

الرقم	العنوان	الصفحة
(71-4)	معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة الرابطة السيلانية بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف) بتركيز (14%) بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة استمرت (80) يوما.	134
(72-4)	معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة النافخة بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف) بتركيز (14%) بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما.	134
(73-4)	معامل الانتشار(Dx) لنماذج خشب اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بمضادات الاكسدة بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل ،وسائل التنظيف)بتركيز (14%) بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما .	135

الفصل الأول

المقدمة والدراسات السابقة

(1-1)المقدمة Introduction

استعملت منذ العصور القديمة وفي كثير من البلدان المخلفات (المتبقيات) الزراعية (Agricultural Wastes) في أغراض كثيرة لتحقق المتطلبات البشرية، مما جعلها مصادر ذات قيمة عالية بحسب استعمالها بل أحياناً يرتفع سعرها عن المنتجات الناتجة منها لما لها من دور اساسي في المجالات التطبيقية. ومن استعمالات المخلفات الزراعية دخولها كمادة خام في مختلف الصناعات الخشبية. وتعد المخلفات غير الخشبية احد المصادر المعززة للثروة الاقتصادية من خلال استغلالها بإجراء دراسات حول تركيب وخواص ومدى توافر هذه المواد و طريقة الجمع والتصنيع، التي تعد بديلاً مهما للأخشاب الطبيعية للتقليل من استيرادها[2,1].

ان هذا المجال يتطلب معرفة ما المخلفات (المتبقيات) الزراعية، إذ يمكن تعريفها بأنها كل ما ينتج بصورة عارضة أو ثانوية خلال عمليات إنتاج المحاصيل الزراعية المختلفة سواء كان بعمليات الحصاد والجمع أم الإعداد للتسويق لهذه المحاصيل [4,3]. وتكون هذه الموارد ذات قيمة اقتصادية عالية لاسيما في بعض البلدان التي تعاني من نقص حاد في وجود الغابات مما يجعلها في حاجة ماسة إلى سد العجز الحاصل في الموارد الخشبية من خلال استحداث وتصنيع بدائل أخرى، ومن اهمها استعمال مخلفات المحاصيل الزراعية التي تتنوع وتختلف من بلد الى آخر تبعاً لإنتاج البلد من كل محصول زراعي وكمية المخلفات الناتجة منه. وهذه المواد يتألف تركيبها بشكل أساسي من السليلوز (Cellulose) واللكنين (Lignin) وتحتوي على عدد كبير من مجموعات الهيدروكسيل(OH-) الأروماتية والأليفاتية[5,4,3]. وتمتاز هذه المجموعة من المخلفات باحتوائها على نسب عالية من الالياف وتدني محتواها من البروتين الخام (2-5)% كما يحتوي بعضها على نسبة من مادة السليكا التي بدورها يمكن ان تتبادل التأثير كيميائياً مع بعض المواد البوليميرية المختلفة، كما يوجد تنوع كبير في مصادر المخلفات الزراعية ويمكن تقسيمها لمجموعتين رئيسيتين هما:

1 – المخلفات العضوية الطبيعية: وهي ناتجة من التجديد الطبيعي المستدام لهذه المحاصيل مثل الأعشاب، والأغصان، واوراق الاشجار. وكذلك اتبان المحاصيل وحبوبها والسيقان والاوراق الجافة الناتجة من حصاد الحبوب بشكل عام ومن اهمها النواتج الثانوية لنباتات (القمح، والشعير، والرز، والذرة بأنواعها... الخ).

2 – المخلفات العضوية الصناعية: وهي ناتجة عن عمليات التصنيع المختلفة المتمثلة في تصنيع التبغ، والقطن وقصب السكر، والبردي، وورش نجارة الخشب...الخ [5,3].

توجد المخلفات الزراعية في مختلف محافظات العراق بأنواع وكميات مختلفة ، والكثافة الزراعية لكل محصول تتفاوت نسبتها ووفرتها من محافظة الى أخرى على حسب الخطة الزراعية المتبعة، اذ ان كمية مخلفات المحاصيل الزراعية تعتمد على المساحات المزروعة ونوعية هذه المحاصيل وظروفها البيئة. وعلى الرغم من عدم وجود البيانات الاحصائية الدقيقة لإنتاج أغلب المحاصيل الزراعية في السنوات الاخيرة بسبب الاوضاع الامنية الراهنة فقد تمكنا من خلال (الجهاز المركزي الإحصاء العراقي)[6] من الحصول على بيانات احصائية في عموم البلاد خلال فترة بين (2010-2016) علما لم يتم شمول اقليم كردستان في هذه الاحصائيات بينما محافظات (نينوى، وصلاح الدين، والانبار) لم يتم شمولها فقط لسنة (2015- 2016) كما مبين في الجدول (1-1) بوحدة ألف طن[6].

الجدول (1-1) احصائيات بعض المحاصيل الزراعية بوحدة ألف طن[6].

السنة	الحنطة	الشعير	الرز	عباد الشمس	الذرة الصفراء	القطن
2010	2748.8	1137.2	155.8	7.5	266.7	45.3
2011	2808.9	820.2	235.1	7.1	335.7	34.5
2012	3062.3	832.0	361.3	4.2	503.4	26.6
2013	4178	1278	451.8	1.7	397.5	1.3
2014	5055	1008	403.0	1.8	289.3	1.4
2015	2645	330	109.2	0.8	182.3	0.1
2016	3053	499	-	-	-	-

إن الاضرار الناجمة من التخلص الخاطئ لهذه المخلفات له تأثيرات سلبية كبيرة على البيئة ومنها [7,5] :

1. تكون هذه المخلفات في الغالب من المواد العضوية ذات التحلل السريع التي تعيش عليها العديد من الكائنات الحية كالحشرات والفطريات والآفات الضارة مما تؤدي الى انتشار الأمراض والأوبئة وتوالد نواقل الأمراض وبالتالي تشكل إضرارا على الصحة العامة للسكان .
2. تخزين حطب المخلفات الزراعية بالقرب من منازل الفلاحين يمثل على الاغلب السبب الرئيسي في نشوب الحرائق بالمناطق الزراعية الريفية التي تسبب خسائر في الأرواح والأموال .

3. زيادة معدلات التلوث البيئي الناشئ عن حرق المخلفات نتيجة تصاعد غاز ثاني أكسيد الكاربون، وأول أكسيد الكاربون وغازات أخرى مما تؤثر سلبيا في ظاهرة الاحتباس الحراري [7,5].

إن مفهوم حرق واتلاف المخلفات الزراعية يعد خسارة مادية كبيرة الى جانب الاضرار الصحية المتسببة جراء الحرق ولذا يجب ان تتكون منظومة حقيقية للإدارة المتكاملة للمخلفات الزراعية من اجل النواحي الصناعية والاقتصادية و البيئية لضمان النجاح والاستمرارية بالتركيز دائما على تقنية تدوير المخلفات (Waste Recycling) للاستفادة وليس للتخلص منها، وايجاد فرص عمل للشباب من خلال مشاريع متكاملة في اطار عريض هو اطار علم الطاقات المستدامة لإيجاد مواد بديلة تعين المواطن ولاسيما في بلدان العالم الثالث لتلبية حاجاتهم المعرفية والمهارة اللازمة لتحسين العديد من الصناعات ومنها صناعة الخشب البلاستيكي (Plastic Wood) ومعالجة كبر حجم مشكلة نشاطها الزراعي الضار عبر طريقة المواد المتراكبة (Composites Materials) التي لا تستوعبها طرائق التدوير التقليدية (مثل تحويل المخلفات الزراعية الى اسمدة عضوية و اعلاف حيوانية) [8,3,1]. ولاشك ان صناعة الخشب البلاستيكي تؤدي الى استدامة الخشب الخام (Raw Wood) وخصوصا مع طبيعة العجز الكبير الذي يواجه الكثير من البلدان في انتاج الاخشاب الجيدة مثل العراق على وجه خاص لانتشار خشب النخيل الاسفنجي. وهكذا تطلب استعمال المخلفات الزراعية في مجال صناعة الاخشاب البلاستيكية خلال الاعوام المارة بإجراء العديد من الدراسات والابحاث في مجال المواد المتراكبة البلاستيكي المدعمة بالمواد السيليلوزية من اجل التوصل الى خواص متميزة ملائمة للعديد من التطبيقات الحديثة بشكل يضاهي صناعة خشب الغابات[9,8] .

(2-1) الدراسات السابقة Literature Survey

بدأت الافكار الاولى في اعتماد مجال صناعة الأخشاب الصناعية منذ عدة سنوات محتلة مكانة مهمة في حياتنا المعاصرة، اذ ظهرت هذه التطبيقات بشكل واسع وسريع لما وفرته من صفات تحقق البدائل المقبولة عن الخشب الطبيعي [5،2] . وعموما يجب الإشارة إلى أن الدراسة في هذا المجال تهدف إلى إيجاد مادة متراكبة تصلح للتطبيق في مختلف الظروف وبمواصفات عالية وبأقل التكاليف الممكنة لتدخل في التطبيقات صناعية. وفي السبعينيات من القرن الماضي تبلور محور تركيز الصناعات البلاستيكية على فكرة الاخشاب البلاستيكية التي اضحت تحتل مساحات واسعة في المنتجات الصناعية خصوصا بإضافة المالئات النباتية كمواد التدعيم، لتكوين المتراكبات الخشبية مما يجعلها عاملاً اساسياً في علوم وتكنولوجيا التطبيقات الحديثة [7،5]. وهذا النتاج حث الباحثين على تركيز دراساتهم في الجانبين النظري والعملي لمعرفة خواص هذا المجال.

1. قام (Stuart et al.) في عام (2004) بإجراء دراسة عن تأثير عوامل الربط للمادة المتراكبة المدعمة بالألياف الطبيعية وبولي بروبلين كمادة اساس وبإضافة عامل الربط (Maleic anhydride). اذ اظهرت النتائج تحسنا بشكل كبير في متانة الشد والانحناء للمادة المتراكبة ذات الربط العال وتحتوي (30%) من الالياف التي زادت قيمتها بمقدار اكثر من (60%) عن المادة الخالية من عامل الربط [10].
2. درس الباحث (Ahmed) عام (2006) الخواص الميكانيكية لبولي فينيل الكلوريد (PVC) المدعم بقشور الرز، اذ بحثت هذه الدراسة في أداء قشور الرز كمواد تدعيم البولي فينيل الكلوريد. أجريت اختبارات الشد، والانحناء، واختبار الصدمة بطريقة (Izod) من أجل معرفة التأثير الحاصل في الخواص الميكانيكية للمتراكبات. وقد أدى الى زيادة معامل الانحناء مما يشير إلى تحسن الصلابة. وقد تبين أن التدعيم بقشور الرز أدى إلى خفض وقت انصهار المتراكبات البلاستيكية في حين رفعت درجة الحرارة من التشويه الحراري في جميع النماذج. كما ارتفعت نسبة امتصاص الماء قليلا مع زيادة محتوى التدعيم والعينات المعالجة بينما أظهرت نسبة أقل من امتصاصية الماء مقارنة بالنماذج غير المعالجة [11].
3. قام (Kim et al.) عام (2006) باستعمال البولي بروبيلين كمادة اساس مع الألياف الطبيعية المتمثلة (الجوت، والكتان) كمادة مدعمة لتحضير متراكب الخشب البلاستيكي مع اضافة عاملين تحسين النوعية وهما (Maleated Polypropylene MAPP) والثاني المادة الرابطة السيلانية بنسب وزنية تساوي %(3-0.3) على التوالي .وأظهرت النتائج أن التوصيلية الحرارية ارتفعت حوالي%(10-15)عند اضافة (MAPP) وحوالي % (10-25) عند اضافة المادة السيلانية. كما تم قياس مقاومة الشد التي ايضا تزداد عند إضافة عوامل تحسين النوعية [12].
4. قام (Shuai et al.) عام (2007) بدراسة تبين تأثير اثنين من المواد الرابطة الاولى من نوع (Maleic Anhydride) والمادة الرابطة الثانية (Isocyanates) على خصائص المتراكبات الخشب البلاستيكي المحضرة من البولي بروبلين كمادة اساس. وتشير النتائج العملية ان المتراكبات الخشب البلاستيكي تحسنت بشكل ملحوظ مع المادتين الرابطتين (1,2). كما أن المادة الرابطة (2) متفوقة على المادة الرابطة (1) وكان تأثيرهما كبير على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخشب المتراكب [13].
5. درس(Yang et al.) عام (2007) تأثير عوامل الربط على الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمتراكب البولي بروبلين (PP) الذي يعد احد البوليمرات المطاوعة حراريا كمادة اساس وباستعمال مسحوق قشور الرز كمادة مدعمة، اذ استعمل اربع نماذج بكسور وزنية مختلفة

wt% (10، 20، 30، 40) مع اضافة ثلاث نسب من عامل الربط wt% (5,3,1). وقد اجريت الفحوصات الميكانيكية والمورفولوجية كدالة لمعرفة افضل نسب عامل الربط. اذ لاحظ ان متانة الشد انخفضت في المتراكب البولي بروبلين مع زيادة الكسر الوزني لمسحوق قشور الرز غير المعالج بالمادة الرابطة، ولكن تم تحسين خصائص الشد بشكل ملحوظ مع إضافة عامل الربط. كما حسنت من اختبار الصدمة بطريقة (Izod). وكشفت الدراسة من خلال الخصائص المدروسة أن هنالك تأثير إيجابي لعوامل الربط على الترابط القوي بالسطح البيني[14] .

6. وقام (Sanchez et al.) عام (2008) بتحسين خصائص متراكبات البولي بروبلين المقواة بالسليلوز التي تم انتاجها بطرائق مماثلة لتلك التي تستعمل على نطاق صناعي واسع. وقد أجريت فحوصات لتحديد الخصائص الميكانيكية والحرارية والريولوجية والفيزيائية للمتراكبات المقواة بالسليلوز التي تحتوي على نوعين من عوامل الربط الاول (Polyethylenimine PEI) وعامل الربط الثاني هو (Maleated Polypropylene MAPP). واظهرت النتائج ان اضافة المادة الرابط (PEI) تؤدي إلى زيادة كبيرة في مقاومة الشد، ومقاومة الاستطالة فضلا عن متانة الصدمة، ودرجة الانحلال الحراري (Heat Deflection Temperature HDT)، اذ وجد ان هذه الخصائص أقل من تلك التي تحققت مع وجود عامل الربط (MAPP) المضاف للمتراكبات التي تحتوي على نسبة وزنية (50%) من ألياف السليلوز. ومن ناحية أخرى، تعرضت المتراكبات البوليميرية التي تحتوي على (MAPP) الى استطالة أكبر ومتانة الصدمة ونسبة امتصاص الماء تكون عالية، وكذلك الطاقات اللازمة للكسر في اختبارات الشد تكون اعلى بكثير من المطلوبة لاختبار النوع المتراكب الحاوي على (PEI) [15].

7. قام (Rosaa et al.) في عام (2009) بإجراء دراسات على خواص متراكبات البولي بروبلين (PP) المدعم بمسحوق قشور الرز المحضرة بطريقة القولبة بالبثق. وقد تم اضافة المادة (Maleic anhydride-modified (MAPP) كعامل ربط. وأظهرت النتائج أن مقاومة الشد انخفضت مع زيادة النسب الوزنية لمسحوق قشور الرز، وتحسنها عند اضافة عامل الربط مما يدل قوة اعتمادها على المادة الرابطة. اما كثافة المتراكبات فقد زادت بشكل طفيف مع اضافة مسحوق الرز. كما قلل وجود المادة الرابطة من امتصاصية الماء بنسبة (20%) في المتراكبات [16].

8. درس الباحث (Sardashti) عام (2009) امكانية تحضير المتراكب البوليمري الهجين المكون من البولي بروبلين و قش القمح، وأظهرت النتائج ان الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه المتراكبات الهجينة تتأثر بالحجم الحبيبي. وقد تم الحصول على الثبات (الاستقرار) الحراري للمتراكب بإضافة المادة الرابطة عند درجات الحرارة منخفضة وإضافة جزيئات الطين عند درجة

حرارة عالية. كما وجد ان زيادة النسبة الوزنية لقش القمح ومحتوى الطين تؤدي الى زيادة قيم معامل الانحناء مع خفض المقاومة لامتصاص الماء. زيادة كمية المادة الرابطة أيضا تؤدي الى زيادة معامل الانحناء والمقاومة لامتصاص الماء. كما كشفت الدراسة المورفولوجيا عن طريق مسح المجهر الإلكتروني أن المادة الرابطة تزيد من التفاعل بين دقائق مادة التدعيم والمادة الاساس [17].

9. درس (Dwivedi et al.) عام (2009) تأثير اضافة المادة الرابطة الكيميائية (Maleic anhydride-grafted) على سلوك البلى القشطي (الحكي) الذي تتعرض له متراكبات البولي بروبيلين المقوى بالمادة السيليلوزية المتمثلة بألياف السيزال، مع اضافة كميات مختلفة من المادة الرابطة تتراوح نسبتها ما بين (1-2-5)% من وزن النموذج المحضر. واظهرت النتائج اختبار البلى والخصائص الميكانيكية الاخرى تحسنا واضحا بعد اضافة المادة الرابطة لمتراكبات الخشب البلاستيكي. وقد تم دراسة اختبار البلى الحكي وظروفه التشغيلية المتضمنة مسافة الانزلاق والحمل المسلط. اذ وجد ان لإضافة عامل الربط تأثيرا كبيرا على مقاومة البلى لمتراكبات البولي بروبلين المقوى بالسيزال التي كانت في البداية عند الأحمال التطبيقية المنخفضة N(3,1) ذات مقاومة بلى عالية، ولكن عند الأحمال التطبيقية الأعلى N(7,5) سوف تنخفض المقاومة مع ظهور زيادة في ناتج حطام البلى. كما أظهر المتراكب الذي يحتوي على (1%) من المادة الرابطة مقاومة البلى اعلى من العينة التي تحتوي (2%) من المادة. اما عند اضافة (5%) فأنها تؤدي الى زيادة الانزلاق الداخلي لجزيئات السلسلة البوليميرية مما سبب انخفاض مقاومة البلى في المادة المتراكبة [18].

10. قام الباحث (الابراهيمي) في عام (2010) بدراسة تأثير المعالجة الكيميائية التي تتعرض لها مخلفات الاخشاب على السلوك الميكانيكي والحراري للمادة المتراكبة المتكونة من بولي استر المدعم بمسحوق نشارة الخشب، ووجد ان الخواص الميكانيكية للمتراكب المحضر تعتمد بشكل واضح على قوة الترابط بين مواد التدعيم والمادة الاساس. اذ يتحسن الترابط من خلال المعاملة السطحية بواسطة المعالجة الكيمياوية لمسحوق الخشب باستعمال عمليات التغرية (Sizing) لزيادة الخشونة مما يؤدي الى زيادة التلاصق بين المسحوق والمادة الاساس. وقد اجريت بعض الاختبارات لدراسة تأثير المعالجة على الخواص الميكانيكية من انحناء، وانضغاط للمادة المتراكبة ذات اساس من البولي استر، كذلك تم حساب مقدار الفقدان بالوزن والذي يساوي (10%)[19].

11. قام (Fang et al.) عام (2011) بدراسة تتناول تأثير مسحوق الخشب على الخصائص الحرارية للمتراكب بولي فينيل الكلوريد (PVC) المدعم بنشارة الخشب باستعمال الوزن النوعي

الحراري (Themogravimetric Analysis TGA). واظهرت النتائج أن مسحوق الخشب لديه تأثير إيجابي على تحرير الحرارة وانبعاث الدخان من بولي فينيل الكلوريد. وبالمقارنة ما بين بولي فينيل الكلوريد مع المتراكب البلاستيكي المدعم بمسحوق الخشب حصل انخفاض في قيمة الوزن النوعي الحراري (TGA) بنحو %(14- 28) وقد انخفض ايضا معدل إنتاج الدخان. كما أن المواد المتطايرة نتيجة الانحلال الحراري للمتراكب مختلفة جدا عن بولي فينيل الكلوريد. وكذلك انخفضت العائدات من حمض الهيدروكلوريك والمركبات العطرية للمتراكبات البلاستيكية بشكل كبير وزيادة المركبات الأليفاتية عن طريق التدعيم بنشارة الخشب [20].

12. قدم (.Wang et al) في عام (2011) دراسة لخصائص المتراكبات البوليميرية المدعمة بالألياف الطبيعية وبعمل العديد من التعديلات الكيميائية لتحسين بينية الترابط المادة الاساس والألياف مما أدى إلى زيادة خصائص الشد في المواد المتراكبة. واقد اظهرت النتائج زيادة مقاومة الشد لمتراكبات بوليمير مدعم بالألياف الطبيعية مع زيادة محتوى الألياف الى أقصى أو القيمة المثلى، معامل يونك يزيد مع زيادة الألياف الطبيعية المدعمة للمتراكب البوليمري. ووجدت هذه الدراسة أن مقاومة الشد ومعامل يونك من المواد المتراكبة المدعمة ألياف القنب الابيض زادت بشكل كبير مع زيادة الألياف [21].

13. قام (.Bajpai et al) عام (2012) بتحضير متراكب الخشب البلاستيكي من خلال استخدام البولي بروبلين كمادة اساس حاضنة للألياف الطبيعية المتمثلة ب (sisal ,nettle, grewia optiva) باستخدام طريقة القولبة بالضغط. اذ أجرى اختبار معدل البلى الانزلاقي الجاف للمتراكبات باستخدام الية (Pin-on-Disc) وبظروف تشغيلية مختلفة من حيث سرع الانزلاق m/s(1-3) ، والأحمال التطبيقية المسلطة N(30-10) . واظهرت النتائج أن تدعيم البولي بروبلين بالألياف الطبيعية المختلفة قد حسّن من مقاومة البلى بشكل واضح والذي اختلف حسب نوع المادة المدعمة للبوليمر. كما ان زيادة الاحمال التطبيقية كان لها تأثير اكبر على معدل البلى من زيادة سرعة الانزلاق [22].

14. قام (.Kozlowsk et al) عام (2013) باستخدام بولي فينيل الكلوريد المدعم بتراكيز مختلفة من قشور القمح (Barley Husks) بنسب (0-30)% بحجم حبيبي (400µm)، وتقاس الخواص الميكانيكية وخصائص التجوية قصيرة المدة (1-11) يوماً. مع زيادة النسبة من قشور القمح الأرضي من (0%)إلى (30%)،واظهرت النتائج تحسن معامل الليونة ومعامل الشد، وزيادة امتصاصية الماء بعد (24) ساعة، بينما انخفضت الليونة، ومقاومة الشد، ومتانة الصدمة [30].

15. قام (Yallew et al.) في عام (2014) بدراسة السلوك الترايبولوجي لمتراكبات البولي بروبلين المقواة بنسيج الجوت باستعمال القولبة بالضغط. اذ تم دراسة تأثير التقوية بنسيج الجوت على سلوك المتراكب الناتج تحت تأثير الاحتكاك باستعمال طريقة (Pin-on-Disc) وقياس معدل البلى في الحالة الجافة مع ظروف التشغيل المختلفة المتضمنة كلا من سرعة انزلاق m/s (1-3)، والاحمال التطبيقية N(10-30). واظهرت النتائج أن إضافة نسيج الجوت الى المادة الاساس البولي بروبلين (PP) يزيد من خصائص مقاومة البلى من المواد المتراكبة. كما كان هناك انخفاض بنسبة (3.5%-45%) في معامل قيم الاحتكاك وانخفاض بنسبة (65%) في معدل البلى [24].

16. قام الباحث (Nasir) عام (2014) بتحضير مادة متراكبة من البولي بروبلين المدعم بقشور الصدف وقش الأرز. كما عمل الباحث على اختبار المتراكبات المحضرة بوسطة اختبار البلى باستخدام طريقة (Pin-on-Disc) مع ظروف تشغيلية مختلفة من تشحيم او ترطيب العينة بالماء. أظهرت النتائج ان أفضل أداء كان للمتراكب المدعم بقشور الصدف ثم يتبعه المتراكب المدعم بقش الأرز بينما البولي بروبلين النقي لديه أعلى معدل بلى، اي ان إضافة مساحيق التدعيم تعمل على تقليل من قيم معدل البلى ومعامل الاحتكاك [25].

17. قام (Saloom et al.) عام (2015) بدراسة الخصائص الميكانيكية التي تضمنت تحديد الصلادة والانضغاط واجهادات الشد، اما الفيزيائية تضمنت قياسات الفحص البصري، و الكثافة، وتحديد التشوه الحراري الميكانيكي، والخصائص الحرارية. اذ استعملت المخلفات الزراعية كمادة مدعمة بنسبة (50%)، ومضافات اخرى لا تتجاوز (7%)، التي شملت مضادات الاشعة الفوق البنفسجية و المواد المزيتة. واظهرت النتائج تحسن ملحوظ في الخواص الميكانيكية والحرارية للنماذج المتراكبة المحضرة من مخلفات الزراعية (قشور الرز) مع بولي بروبلين كمادة اساس بلاستيكية مما يتيح استعمال المتراكبات كمواد بناء غير التقليدية[26].

18. درس (الحمادي) عام (2016) تأثير عوامل الربط التي شملت المادة السيلانية الرابطة، ومضادات الاكسدة، ومواد نافخة على المادة المتراكبة المدعمة بالمخلفات الزراعية (قشور الرز) ونشارة الخشب الطبيعي باستعمال البولي بروبلين كمادة اساس. وبينت النتائج التحسن الكبير في الخواص الميكانيكية التي شملت (مقاومة التزحف الثلاثي النقاط في ظروف تشغيلية مختلفة ومتانة الثني)، كما اجري اختبار الامتصاصية لدارسة التحلل المائي لنماذج المحضرة. و أظهرت نتائج فحص قابلية المتراكب على امتصاص الماء بعد حساب معامل الانتشارية تزداد قيمها بشكل ملحوظ مع زيادة الكسر الوزني والحجم الدقائقي، بينما يقل معامل الانتشار للنماذج التي مواد

تدعيهما معاملة بالمادة السيلانية وهذا يشير الى انها مقاومة لامتصاص الماء بالمقارنة مع النماذج المتراكبة الخالية من المادة السيلانية[27] .

19. قام الباحث (Mohammad) عام (2016) بدراسة تحضير متراكب بلاستيكي من البولي إيثيلين مدعم بألياف ومسحوق الخشب بنسب وزنية wt%(30- 60) مع إضافة عامل الربط (أنهيدريد ماليك)، ومضافات اخرى مثل كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) في المتراكب. وقد وجد أن زيادة نسبة الألياف الخشبية تؤدي الى انخفاض تدريجي في مقاومة الشد والاستطالة في حين يظهر معامل الشد زيادة كبيرة عندما تصل نسبة الياف الخشب إلى(50%). اما بالنسبة الى مسحوق الخشب فهناك زيادة تليها انخفاض طفيف في مقاومة الشد والاستطالة. اذ أظهرت الألياف الخشبية خصائص أكبر في مقاومة الشد الاستطالة ولكن مسحوق الخشب اعطى معامل الشد بشكل أفضل لجميع المتراكبات[28].

20. درس الباحث (Orhan) عام (2017) الخصائص الفيزيائية المتمثلة ب(متانة الشد، ومعامل المرونة، وامتصاصية الماء) للبولي استر غير المشبع (USPE) المدعم بقشور حب عباد الشمس مرة، وقشور الرمان مرة اخرى مع دراسة تأثير اختلاف النسب الوزنية والحجوم الدقائقية لهذه المواد. وتوصل الى ان زيادة النسب الوزنية مع انخفاض الحجم الدقائقي لقشور حب عباد الشمس والرمان ادت الى الحصول على افضل النتائج للخصائص المدروسة [29] .

21. قام (Jiang et al.) في عام (2017) بدراسة الخصائص الميكانيكية والفيزيائية المتمثلة ب(اختبار معدل البلى، والصلادة، ومتانة الانحناء، والانضغاطية، والامتصاصية) على متراكبات الخشب البلاستيكية المحضرة من البولي فينيل الكلوريد (SPVC) واتبان الذرة، وذلك باستعمال طريقة القولبة بالبثق. وكان اختبار البلى بظروف تشغيلية مختلفة تحت تأثير الاوساط الجافة والرطبة، وتغيير زمن وسرع الانزلاق. واظهرت النتائج العملية ان الخصائص المدروسة تتأثر سلبيا نتيجة لتعرض عينات متراكبات البولي فينيل الكلوريد لماء البحر وماء المطر الحمضي، اذ زاد معدل البلى بشكل كبير خصوصا عندما كانت ملوحة ماء البحر (3.5%)، والاس الهيدروجيني لماء المطر الحمضي (PH=2.5)[30].

(3-1) الهدف من الدراسة The Aim of Study

1. ان الهدف الرئيسي من الدراسة الحالية هو ضرورة الاستفادة من مخلفات المحاصيل الزراعية التي تسمى لقيمتها الاقتصادية الكبيرة والمهدورة بسبب اهمال المعنيين بالمتبقيات الزراعية في تحضير انواع جديدة من خشب البولي بروبيلين البلاستيكي ذات صفات نوعية عالية تدخل في الصناعات الانشائية كاستعمالها في الارضيات البلاستيكية التي تتطلب خفة بالوزن، ومقاومة عالية للغرز والتأكل التي تتعرض لها مثل هذا التراكيب اثناء التشغيل.
2. كما اجريت هذه الدراسة لتقييم تأثير المادة النافخة (Blowing Material) على قابلية خشب البولي بروبيلين البلاستيكي على التوصيل الحراري وخصائصه الترايبولوجية مرة وتأثير المادة الرابطة السيلانية على كفاءة الجسور الكيميائية ما بين السطح البيني ومواد التدعيم السيليلوزية مرة اخرى، اي بمعنى كفاءة عمل الالتصاق (Work of Adhesion) بين البولي بروبلين ومسحوق المخلفات (المتبقيات) الزراعية المعاملة بالمادة السيلانية بعد حدوث العملية الفيزيائية- الكيميائية المتمثلة بالتصليد (Hardening) والانضاج (Curing) عبر الخصائص المدروسة وتحديد النسب الافضل لكل مادة مضافة من أجل الوصول الى تحسين هذه الخواص.
3. كما تتضمن الدراسة الحالية معرفة تأثير الظروف البيئية او الخدمية المختلفة من الطبيعية (الجافة) او المتعرضة الى [المحاليل الكيميائية (المنظفات)، وماء الاسالة (الاعتيادي)] على الخصائص الميكانيكية السطحية، والفيزيائية للنماذج المصنعة التي تتضمن: مقاومة البلى، والصلادة السطحية، والتوصيلية الحرارية، والكثافة الحجمية، والانتشارية من أجل الوصول الى وصف متكامل للسلوك الميكانيكي والفيزيائي للمواد المتراكبة المحضرة.

الفصل الثاني

الجزء النظري

(2-1)المقدمة Introduction

إن الصناعات الحديثة تقتضي وجود مواد بمواصفات خاصة من حيث الأداء، والكفاءة العالية في التطبيق، غير ضارة في البيئة، وان تكون من المواد الموجودة في حياتنا تحت مفهوم المواد المتجددة والمستدامة. لتناسب الطلب المتزايد على المنتجات بسبب التنمية الاقتصادية وزيادة عدد السكان[31]. وذلك ومن خلال الاستفادة من تطور علم وتكنولوجيا المواد المتراكبة (Composites Materials) التي غزت العالم منذ القرن الماضي، اذ اصبحت ذات الريادة في مجال الصناعات التطبيقية الحديثة من خلال الدخول في تصنيع منتجات جديدة تمتلك مميزات أكثر شمولية [33,32].

وفي محور دراستنا يطبق هذا السلوك على المواد المتراكبة ذات الموارد الأولية القائمة على البوليمرات كمواد حاضنة لمجموعة واسعة من المواد الخام الطبيعية النباتية ومن اهمها الخشب الذي تجود به الطبيعية لنا والذي يجدد مع استمرارية انتاجه. مكونة بذلك ما يعرف بمتراكبات الخشب البلاستيكي (Wood-plastic Composites WPC) والألياف الطبيعية الأخرى، التي لا تزال تعد من المواد الجديدة و تجري العديد من الأبحاث حول هذا الموضوع اذ تلعب دورا مهما في معظم التطبيقات الهندسية والتكنولوجية كبدائل للمواد التقليدية (المعادن والبوليمر والسيراميك) نظراً لامتلاكها اداء تقني عالي لتقاوم الاجهادات الخارجية المؤثرة فيها والظروف البيئية المحيطة من تغيرات درجة حرارة وضغط ورطوبة وغيرها [35,34]. اذ يتم تجميع الخشب بشكل روتيني وادخاله كمواد مقوية في البوليمرات مع المواد اللاصقة ومكونات اخرى لإنتاج المتراكبات، وبالتالي تحسين خصائص المواد مع استعمال كفاءة الموارد الخشبية [36,31]. التي تعد اليوم الركيزة المستمدة على نطاق واسع في العديد من التطبيقات لتصنيع عدد لا يحصى من المنتجات منها الأثاث، وخزائن، ومواد البناء الهيكلية، و ذلك من خلال تصميم أهم ثلاث عناصر رئيسة هي (بلاط الأرضيات، الجدران، الأسقف) وما يميز هذا النوع يتطلب صيانة أقل (منخفضة)، وبكونه أكثر ملاءمة للبيئة من خلال مقاومة الطقس، والرطوبة، وعازل للحرارة والصوت، ومقاوم للتآكل والخدوش لفترات زمنية طويلة ، ويعكس الكثير من الدفء للمكان على عكس ما موجود من مواد البناء الاخرى، كذلك يتحمل الضغط من اوزان الاشخاص وقطع الاثاث كما عليه تحمل تأثير المواد الكيميائية والعضوية الناتجة من سوائل ومساحيق التنظيف [32] .

(2-2)المواد المتراكبة Composites Materials

تعرف المادة المتراكبة بأنها تتكون بصورة جوهرية من ارتباط خاص يعرف بالاتحاد الفيزيائي (Physical Interaction) بين مكونين او أكثر من المواد المختلفة وعدم تفاعلها كيميائيا، اذ تتصرف المادة على هذا الاساس ككتلة واحدة مكونا روابط واضحة مع بعضها ميكانيكياً أو معدنياً (Metallurgical)، وكل نوع من المركبات المكونة للمادة المتراكبة تحتفظ بخواصها كافة مما يتيح فرصة استعمال فوائد المكونين معا، وبأسس معينة للحصول على مواد جديدة بخصائص ميكانيكية فيزيائية متميزة تختلف عن خصائص المواد الداخلة في تشكيلها[34,33]. ومن اهم العوامل التي اسهمت في تفوق المواد المتراكبة على المواد التقليدية الاعتيادية هي الكلفة، والانتاجية، وتميزها بتحمل طويل الامد، وكثافة واطئة نسبياً، والخصائص سطحية من مقاومة التأكل والتأكسد، كما يمكن تصميمها بشكل هندسي خاص ليمتلك كل تصميم خصوصية في الخواص والاداء والتطبيق تميزه عن الانواع الاخر [37]. ان المادة المتراكبة تعتمد في متانتها على ثلاث نقاط رئيسة هي [38،39]:

1- المادة الاساس (Matrix Material)

يتم تصنيف المواد المتراكبة بالاعتماد على نوع المادة الاساس الى[40] :

- المتراكبات ذات الاساس المعدني (Metal Matrix Composites)
- المتراكبات ذات الاساس السيراميكي (Ceramics Matrix Composites)
- المتراكبات ذات الاساس البوليمري (Polymer Matrix Composites)

2- مواد التدعيم (Reinforcement Materials)

يتم تصنيف المواد المتراكبة بالاعتماد على نوع مادة التدعيم الى [40]:

- المواد المتراكبة المدعمة بالطبقات (Laminar- Reinforced Composites)
- المواد المتراكبة المدعمة بالالياف (Fibrous- Reinforced Composites)
- المواد المتراكبة المدعمة بالحشوات (Filler -Reinforced Composites)

3- السطح البيني وقوة التلاصق (Interface and Bonding).

(3-2) المواد المتراكبة ذات الاساس المعدني

Metal Matrix Composites (MMCs)

تنشأ هذه المتراكبات ذات الاساس المعدني من عملية توافق بين طورين منفصلين يكون الاول المادة الاساس (Matrix Material) التي تتكون من معدن او سبيكة، اما الطور الثاني المادة المدعمة (Reinforcement Material) والذي يتكون بدوره من مادة معدنية. لذا تعد هذه المواد ذات كفاءة عالية عند درجات الحرارة العالية، تمتلك خواص كهربائية عالية. كما ينتج من قوة ومتانة للمادة الأساس مقاومة انضغاط وقص عاليتين، وارتباط جيد للسطح البيني. لذلك فان المتراكبات ذات الأساس الفلزي (MMCs) عادة ما تدخل في صناعة السيارات ورؤوس المكابس في المحركات الأوتوماتيكية، والرادارات، وريش مراوح التوربينات الغازية. وعلى الرغم من كون تطبيقات هذه المتراكبات ليست واسعة الانتشار مقارنة بالمتراكبات الاخرى الا ان هناك حالات تكون فيها اكثر ملاءمة من غيرها. وتقسم الخصائص فيها حسب نوع المعادن المكون لها ان كانت حديدية ام غير حديدية، فالحديدية تضم كل انواع الحديد و سبائكه وغير الحديدية تضم عدة انواع مثل الالمنيوم، والمغنيسيوم، النحاس...الخ [41،42]. ومن الأمثلة على هذه المتراكبات (ألياف البورون في أساس من الألمنيوم ، ألياف الكاربون في أساسات من النحاس او الألمنيوم او المغنيسيوم.. الخ)، وتصنع المتراكبات الفلزية بعدة طرائق منها [42،43]:-

- طريقة الرش الحراري بالبلازما للمادة الاساس على طبقات الألياف .
- طريقة صهر المادة الأساس ومزجها .
- طريقة مزج الأساس الفلزي بشكل مسحوق مع مادة التدعيم، ومن ثم كبسهما معا .
- طريقة الطلاء الكهربائي لمادة التدعيم باستعمال المادة الأساس .

(4-2) المواد المتراكبة ذات الاساس السيراميكي

Ceramics Matrix Composites (CMCs)

إن المواد المتراكبة من هذا النوع (CMCs) تكون المادة الاساس عبارة عن مادة سيراميكية، اذ يتم التدعيم فيها باستعمال المساحيق او الحبيبات او الالياف، اذ ان احد طرائق تشكيل هذه المواد يعتمد على نوع المادة السيراميكية التي تكون اما طينية (Clay) يسهل حلها بواسطة الماء وتحويلها الى محلول يستعمل بالصب الانزلاقي او اكاسيد وكاربيدات ونتريدات وغيرها مثل (متراكبات الزجاج المدعم بألياف الكاربون،و نتريد البورون .. الخ) [39،41]. وتكون مواد هشة (Brittle Materials)

لا تبدي استعداد للطرق او السحب وذلك على الرغم من امتلاكها عدد جيد من الخواص الميكانيكية المتميزة مثل ارتفاع الصلادة وقدرتها على مقاومة الزحف، ومقاومته للتأكسد عند درجات الحرارة العالية، فإذا تم السيطرة على تصرفه الهش سيكون مناسباً بشكل جيد للاستعمال في الأجزاء المعرضة للحرارة مثل توربينات الطائرات[41]. كما ان هذه المتراكبات تمثل صنفاً جديداً نسبيا من المواد التي أحدثت ثورة في صناعة السيراميك. ويمتاز هذا النوع من المتراكبات بما يلي:

- يمكن استعمالها في تطبيقات تتحمل درجات الحرارة العالية التي تتجاوز (1500°C)
- رديئة التوصيل الحراري والكهربائي.
- ذات معامل تمدد حراري قليل.
- ذات متانة عالية وقابلية تحمل اجهادات عالية[41].

(2-5) المواد المتراكبة ذات الأساس البوليميري

Polymer Matrix Composites (PMCs)

تنشأ هذه المواد المتراكبة من جزأين رئيسين هما الاول المادة الأساس البوليمرية المستمرة (Continuous Polymeric Matrix Material)، هي المادة الأكثر كمية التي تحيط بالجزء الثاني في بنية المادة المتراكبة الذي يعرف بالمادة المدعمة. تعد المواد المتراكبة ذات الاساس البوليمرية واحدة من أكثر أنواع المواد المتراكبة استعمالاً و شيوعا لكونها ذات كلفة اقل ولما لها من مميزات ميكانيكية وحرارية جيدة فضلاً عن سهولة تصنيعها، ويمكن الحصول عبرها على مدى واسع من الخواص، اذ تستعمل في تطبيقات كثيرة لذلك زاد الاهتمام فيها بشكل كبير في الآونة الأخيرة. الا انها تكون ذات كثافة ودرجه انصهار واطئة جداً بالمقارنة مع المعادن والسيراميك[45،44,41].

(2-5-1) مادة الأساس البوليمرية Polymeric Matrix Material

تعرف بالمادة الرابطة أو المادة الحاضنة في الاحيان اخرى اذ تعمل على تماسك وربط المواد المدعمة معاً لتكوين نظام تركيبي متراص قادر ان يتحمل القوى الخارجية المؤثر عليه. وفي المواد المتراكبة البوليمرية تكون المادة الأساس دائما هي البوليمرات، ولكونها تمتاز بأنها منخفضة الكثافة، وتفتقر إلى القوة والمتانة، لذا يتم إضافة بعض المكونات الأخرى في تركيبها كمواد تقوية لتكوين البوليمرات المتراكبة بغية تغيير بعض خواصه وإدخال صفات جديدة عليه. ومن هذا المنطلق يجب معرفة بعض الاساسيات عن البوليمرات[46،32].

اولا / مفهوم البوليمرات Concept The polymers

إن كلمة البوليمر هي بالأصل كلمة لاتينية تتكون من مقطعين الاول (Poly) يعني متعدد اما المقطع الثاني (mer) يعني الوحدة (الجزء)، اذ ان البوليمر يعني متعدد الوحدات (الجزيئات). تنشأ البوليمرات من ارتباط سلاسل جزيئية طويلة عن طريق ربط عدد كبير من الجزيئات البنائية الصغيرة بوساطة انواع من القوى و الأواصر كيميائية مع بعضها البعض وتسمى هذه الجزيئات الصغيرة بالمونوميرات (Monomers) التي تمثل الوحدات الأساسية لبناء البوليمر، وتدعى عملية ارتباط هذه الجزيئات البنائية البسيطة مع بعضها بعملية البلمرة (Polymerization) [47،48]. ونظراً لذلك فالبوليمرات عادة تتمتع بوزن جزيئي عال مقارنة بالمركبات الكيمياوية المعروفة[46] .

ثانيا / الاشكال الهندسية للبوليمرات Engineering Forms for Polymers

يمكن تحديد اشكال البوليمرات من خلال الاعتماد على التركيب البنائي للجزيئات البوليمرية (الشكل الهندسي للسلسلة البوليميرية) عندما تكون مرتبطة ببعضها البعض اما بشكل خطي فيدعى عندئذ بالبوليمر الخطي (Linear Polymer)، اما إذا كانت الجزيئة البوليمرية متفرعة بالبوليمر المتفرع (Polymer Branched)، وقد تكون الفروع في سلسلة البوليمرات ذات تركيب سلمي (Ladder) أو ذات تركيب مشطي (Comb)، أو ذات شكل صليبي (Cruciform)، ومن ناحية اخرى قد تتكون تفرعات متشابكة مع بعضها البعض، وقد تختلف هذه التفرعات في أطوالها فيدعى بالبوليمر المتشابك (Cross-linked Polymer) [47،48].

ثالثا/ انواع البوليمرات في التكنولوجيا Types Polymers in Technology

إن البوليمرات في الحقيقة تستجيب إلى التأثيرات الميكانيكية عند درجات الحرارة المرتفعة، وتبعا لذلك يمكن تصنيفها الى انواع بالاعتماد على سلوكها بعملية التسخين [48]:-

1) البوليمرات المطاوعة حرارياً Thermoplastic Polymers

تعد احدى البوليمرات الخطية (Linear Polymers) التي تتكون من جزيئات ضخمة مستقيمة، يمتاز هذا النوع من البوليمرات بكونه يلدن او يتلين بزيادة درجة الحرارة عند تسخينه سوف ينصهر اذ يتحول الى منصهرات ما يشبه العجينة بحيث يمكن تغيير هيئتها باليد، وعندما تقترب بدرجة الحرارة اقل من درجة انتقالها الزجاجية (Glass Transition Temperature Tg) تصبح مرنة ثم تزداد تدريجيا مرونتها مكونة منصهرات لزجة وعند خفض درجة الحرارة اثناء عملية التبريد تمر المادة بجميع المراحل السابقة، إذ تبدأ بالتصلب تدريجيا لتعود صلبة القوام عند درجات الحرارة العادية مع استرجاع حالتها الأصلية ما لم تسخن الى اعلى من درجة التفكك. ولذلك تسمى هذه البوليمرات باللدائن

المطاوعة للحرارة (Thermoplastic) التي من الممكن اعادة تدويرها واستعمالها اكثر مرة. ويعزا السبب في ذلك عند تسخين هذه المادة تتكسر الاواصر الثانوية بين السلاسل البوليمرية، وكذلك قوى فان دير فالس (Van der Vales Force) وهي نوع من أنواع الترابط بين الجزيئات تصبح ضعيفة وتسمح لسلاسل البوليمر بالتحرك و الانزلاق تحت تأثير التغيرات الحرارية لذلك فان المادة تكون ذات مرونة (Flexible) وليونة (Soft). ويعد هذا الصنف من أكثر البوليمرات المهمة صناعيا، تستعمل في صناعات البلاستيك و الألياف الصناعية ومن انواعه بولي بروبلين، وبولي أثيلين، والنايلون، وغيرها من المواد[50,49].

2) البوليمرات غير المطاوعة (المتصلدة) حرارياً Thermoset Polymers

وتعرف ايضا بالبوليمرات المتقاطعة او الشبكية وهذه البوليمرات تتكون من سلاسل خطية مؤلفة من عدة مجاميع نشطة، او قد تحتوي على تفرعات كثيرة موزعة على طولها مما يكون الارتباط التشابكي العرضية (Cross-Links) ويحدث اما بالتسخين او بعملية التحفيز من إضافة مواد مساعدة خاصة، اذ يتكون نتيجة لذلك روابط شبكية ثلاثية الابعاد (Three-dimensional Networks) مما يجعل هذه البوليمرات تتعرض لتغيرات كيميائية عند تسخينها فتتشابك فيها السلاسل البوليميرية مع بعضها البعض مما يجعلها بعد معاملتها بالحرارة او الضغط (Operation Catalyzing)، غير قابلة للانصهار، وغير ذائبة، اذ تتحول الى مواد صلبة اكثر هشاشية من البوليمرات المطاوعة للحرارة، وغالبا ما تحترق او تتفحم (Char) وفي بعض الاحيان تتسامى (Sublime). اي ان هذا النوع يتم استعماله لمرة واحدة فقط. وتستعمل هذه المواد في الاغلب كعوازل حرارية وكهربائية في كثير من الصناعات الكهربائية والمنزلية لأنها رديئة التوصيل للحرارة، والكهرباء ومن الامثلة (راتنجات الايبوكسي، وراتنجات الفينول فورمالديهايد) [50,48,47].

3) البوليمرات المطاطية Elastomers

يمتاز هذا الصنف من البوليمرات المرنة بصفات متميزة كقابليتها على التمدد والتقلص (Resilience) والاستطالة العالية (Elongation). وتكون ذات أوزان جزيئية عالية وكذلك تمتاز بأنها تمتلك القدرة على تحمل زيادة الطول تصل نسبتها من (100%)الى (500%) اذ تظهر انفعالاً كبيراً عندما تتعرض للإجهاد الا انها ترتد إلى شكلها ألأصلي بعد زوال التأثير الاجهاد وطبيعيا تظهر مدى طويل من المرونة عند درجة حرارة الغرفة، وتتكون اساسا من البوليمرات العشوائية وذلك بالاعتماد على مرونة الجزيئات ذات السلاسل الطويلة الموجودة على هيئات ملتفة حول بعضها البعض بصورة عشوائية. وتنتج هذه المرونة من عملية ترابط شبكي بسيط بين السلاسل المكونة لها

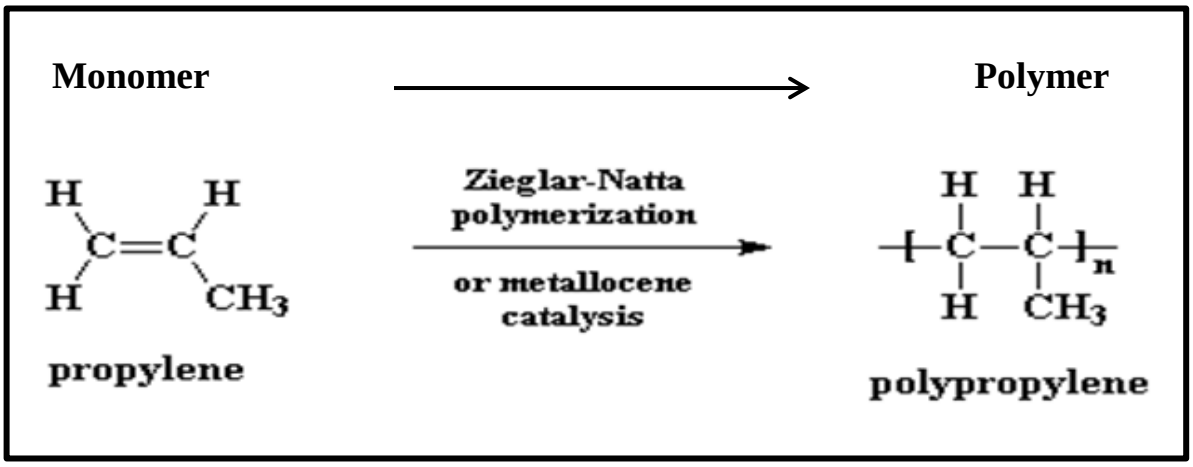
وبصورة عامة فأن البوليمرات المطاطية تمتلك درجة انتقال زجاجي (Tg) اقل من درجة الحرارة التي تستعمل فيها اذ تكون السلاسل البوليميرية حرة في الحركة الموضعية. ومن أمثلتها المطاط الطبيعي، بيوتادين، والنيوبرين وغيرها [48,47].

4) الالياف Fibers

هي مجموعة منفردة خطية متجانسة وليست متفرعة من المادة مرتبة باتجاه واحد هو محور الليف. يتميز هذا الصنف من البوليمرات بمواصفات خاصة كالقوة والمتانة وقابليتها على التبلور. تستعمل الالياف كمواد تقوية في المتراكبات بسبب متانتها المحورية العالية (High Axial Strength)، ومن أهم بوليمرات هذا الصنف هي النايلون (البولي اميدات) والبولي استرات الخطية والاكريلك وغيرها[48,47].

(1-1-5-2) البولي بروبيلين(P.P) Polypropylene

يعد بولي بروبلين احد اكثر البوليمرات الشائعة في حياتنا اليومية اذ يستعمل في مجالات واسعة من التطبيقات نظرا لامتلاكه مواصفات فيزيائية، وميكانيكية، وحرارية مميزة ومرغوب فيها، لذا تتعدد استعمالاته. ينتمي البولي بروبيلين الى عائلة الاوليفينات وهو احد المواد البلاستيكية الحرارية (Thermoplastic)، اذ يتكون من سلاسل خطية طويلة متصلة بتفرعات جانبية قليلة. يتم انتاجه عن طريق بلمرة التناسقية لمونومير (جزيء) غاز البروبلين كما موضح في الشكل (2-1). ان غاز البروبلين يتم الحصول عليه كمنتوج ثانوي من عملية تكسير النافثا (Nafth) التي تستخرج من تقطير البترول اثناء العمليات البتروكيمياوية لإنتاج الاثيلين، لذا يعد بدوره من مشتقات البترول الخام[51،48].



الشكل (2-1)عملية تحويل مونومير غاز البروبلين الى البولي بروبلين بوجود المحفزات.

(2-5-1-1-1) تحضير بولي بروبيلين صناعيا

Industrial Preparation of Polypropylene

شهد القرن السابع عشر اول عمليات تحضير بولي بروبيلين كانت بإضافة عوامل (محفزات) (فرايدل-كرافتس) مثل بروميد الالمنيوم الى غاز البروبلين بدرجات حرارة منخفضة، وكان الناتج الذي تم الحصول عليه من العملية عبارة عن عجينة عشوائية ذات وزن جزيئي منخفض وبمواصفات سيئة إذ لم يكن له قيمة تجاريا. حتى عام (1954) تمكن العالم الايطالي (ناتا) من اجراء تعديلات وتطوير هذا المنتج باستعمال محفزات جديدة (زيجلر- ناتا) مثل ثلاثي كلوريد التيتانيوم وكلوريد الالمنيوم، ومن خلال عملية البلمرة بالجذور الحرة تحت الضغط المنخفض او البلمرة التناسقية باستعمال البروبلين وهو المركب العضوي الذي صيغته الكيميائية (C_3H_6) [52،51,48]، الذي ينتمي الى مجموعة الألكينات الهيدروكربونية وفى درجة حرارة الغرفة والضغط العادي. اذ يكون البروبيلين في الحالة الغازية لكي تتم عملية اذابته في مذيب عضوي، بعدها يمرر المحلول على المفاعل الذي يحتوي على خليط المحفز على شكل معلق (Slurry)، بعدها يسخن خليط التفاعل الى درجة حرارة لا تتجاوز (120ºC) وتحت ضغط جوي bar(5-30)، ثم يوقف تأثير العامل المحفز بإدخال الماء يليه افصال البوليمر المتكون على شكل عالق من المذيب بالترشيح وبعدها يغسل ثم يتم تجفيفه. ويكون البوليمر الناتج بسلاسل خطية منتظمة معطية كثافة عالية وصفات ميكانيكية جيدة. ومن هذه العملية يتم الحصول على بولي بروبيلين الايزوتاكتيكي عالي التبلور (الانتظامية) [52،51].

(2-5-1-1-2) صفات البولي بروبيلين Properties of Polypropylene

إن صفات هذا البوليمر تتفاوت قليلا حسب انتظام السلاسل البوليمرية فيه ومن اهمها:

1. يتصف بانه اخف البوليمرات المعروفة واقلها كثافة ($0.905\ g/cm^3$).
2. درجة انصهاره حوالي (165 ºC) .
3. يتميز بقوة شد عالية لامتلاكه درجة تبلور عالية جدا .
4. يتميز بعزل كهربائي عالي .
5. يتميز بمقاومة للاحتكاك والتأكل، ومقاومته للرطوبة العالية والكيميائيات لأنه مادة خاملة كيميائيا
6. قليل المقاومة للأكسدة والحرارة، اذ يتأكسد جزيئا اثناء عمليات الانصهار بسبب وجود ذرة كاربون ثلاثية لذا يتم اضافة له بعض المثبتات ضد الاكسدة مثل اسود الكاربون التي تمتص الاشعة الفوق البنفسجية [53،27].

(2-5-1-1-3)التطبيقات الصناعية للبولي بروبيلين

Industrial Applications of Polypropylene

1. ان اكثر التطبيقات الرائجة تجاريا هي الالياف ذات متانة الشد العالية مثل ألياف الاكياس الزراعية والخيوط المجدولة، والتنجيد، شباك الصيد والسجاد.
2. تستعمل في مجال التغليف مثل تغليف (الاسلاك الكهربائية، والكابلات، وعلب السجائر،وغيرها).
3. تدخل في مجال الاستعمال المنزلي مثل الغسالات، والمطابخ والاجزاء الداخلية في الثلاجات، وتدخل في تصنيع المكثفات الكهربائية
4. تدخل في تصنيع اواني الطبخ بطريقة التشكيل الحراري .
5. الاستعمال الطبي أو المختبري في العديد من المواد البلاستيكية لأنها يمكن أن تتحمل الحرارة في الأوتوكلاف (Autoclave).
6. معظم العبوات البلاستيكية لمنتجات الألبان، وحاويات المواد الغذائية تكون مصنوعة من البولي بروبلين لأنها لا تذوب خلال عمليات التعبئة الساخنة الصناعية [53,48].

(2-5-1-1-4)نظام تصنيف بولي بروبلين

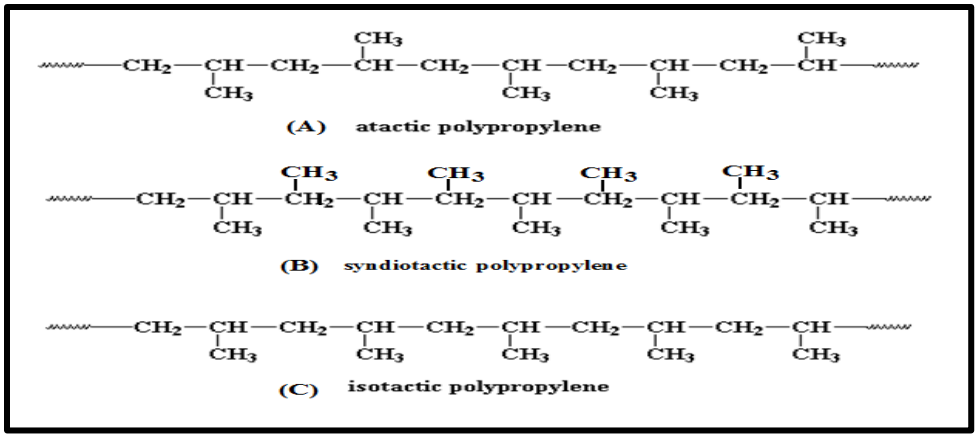
Classification System of Polypropylene

يتم تصنيف البولي بروبلين بالاعتماد على تركيبه الداخلي الى ثلاث انواع رئيسة هي:-

اولا /البولي بروبيلين المتجانس Homopolymer

يعد هذا النوع من البولي بروبيلين من البوليمرات المنتظمة فراغياً، اذ تتوزع ذراتها بشكل منتظم في الفراغ. وقد تطورت هذه المواد البلاستيكية الحرارية تطورا كبيرا مما ادى الى استعمالها في مجالات عديدة من التطبيقات المهمة مثل الالياف، والرقائق، والشعيرات، والمنتجات المقولبة بالحقن. يتم تحضير البولي بروبيلين المتجانس بربط مونوميرات غاز البروبيلين معا تحت ضغط وحرارة قياسيين، وباستعمال محفزات نوعية فراغية مثل (زيجلر- ناتا) او محفزات معدنية عضوية. وبناء على نوعية المحفزات المستعملة وطريقة البلمرة، فأن البنية الجزيئية لهذا البوليمر تتألف من ثلاث انواع رئيسة مختلفة من الاشكال الكيميائية الفراغية والموضحة في الشكل (2-2) [27،53]:

A. البولي بروبيلين أتاكتيكي غير منتظم (العشوائي) (PP Atactic)
B. البولي بروبيلين ساندوتاكتيكي المتناوب (PP Sandiostactic)
C. البولي بروبيلين الايزوتاكتيكي المنتظم (البلوري) (PP Isotactic) [52].



الشكل (2-2)أنواع البولي البروبلين المتجانس (A)العشوائي ،(B)المتناوب،(C) المنتظم[52].

ومن الممكن تحديد شكل البوليمر المنتج من خلال استعمال عامل محفز الذي يتحكم ببلمرة مونوميرات البوليمر إذ يتم تثبيت مجموعات المثيل (CH_3) على اساس البوليمر. اذ ان وضع كل مجموعات المثيل في جانب واحد على خط اساس البوليمر ينتج بولي بروبيلين المنتظم (PP Isotactic) مما يجعله متبلورا، اما عند وضع مجموعات المثيل بشكل متداخل بصورة متتابعة بشكل منتظم على جهتي خط اساس البوليمر ينتج بولي بروبيلين المتناوب (PP Sandiostactic)، والنوع الاخير توضع بشكل غير متتابع على خط اساس البوليمر فينتج البولي بروبيلين العشوائي (PP Atactic)[50,48]. للبولي بروبيلين المتجانس بأطواره الثلاث الكثير من التطبيقات منها:

1. يستعمل بشكل واسع مجال الفنون التطبيقية مثل (التصوير الزخرفة الطباعة، والكتابة).
2. يستعمل في انتاج منسوجات ذات الصفات الحرارية كالحبال والخيوط المجدولة، وتصنيع الاوعية الصلبة.
3. تصنيع المنتجات المقاومة لامتصاص الرطوبة، وكذلك في البناء والتشييد كالجدران الثانوية[50,27].

ثانيا/ بولي بروبيلين المشترك الصدمي Impact Copolymer

يمتاز هذا النوع من البولي بروبيلين بمقاومته العالية للصدمات حسب اختبارات الصدمة لكل من (ايزود، غاردنر) عند درجة حرارة منخفضة جدا (-40ºC). علاوة على ذلك يتميز هذا البوليمر بمقاومة عالية للكيمياويات والتصدعات الاجهادية. ويتصف هذا البوليمر بأنه من اخف المواد البلاستيكية الحرارية وزنا واقل سعرا من العديد من المواد (PEF,PET,PS) عالية الصدمة. ومن اهم التطبيقات التجارية لهذا النوع هو في مجال تصنيع اجزاء السيارات، و المصدات الضخمة الواقية للصدمات التي يتعرض لها العاملون اثناء العمل بسبب مقاومتها للصدمة مما يجعلها مناسبة لهذه

التطبيقات، وكذلك في تصنيع المستلزمات والادوات المنزلية والأوعية الحاوية على الطعام التي توضع في المايكروويف المنزلية[50،53] .

ثالثا / بولي بروبيلين المشترك العشوائي Random Copolymers

يحتوي بولي بروبيلين المشترك العشوائي على نسبة تزيد عن (93%) من البروبيلين وعلى جزئيات الاثيلين وبنسبة تقل عن (7%) من وزن البوليمر الاساسي. اذ تحشر جزيئات الأثيلين بشكل عشوائي بين جزيئات البروبيلين في سلسة البوليمر مما يؤدي الى تغير في البنية الاساسية لسلاسل الجزيئية البوليمرية عبر اندماج المونوميرات المختلفة معا، وبالتالي تغير في خصائص البوليمر بشكل كبير من انخفاض نقطة انصهاره الذي يعود السبب فيه الى احتوائه على نسبة (7%) من جزيئات الاثلين وتتصف البوليمرات المشتركة العشوائية الحاوية على (3%) من جزيئات الاثلين بصعوبة انتاجها، وتتميز البوليمرات العشوائية بالمقارنة مع باقي انواع البولي بروبيلين بأنها اكثر مرونة واكبر مقاومة للصدمات، ومقاومة الكيماويات[52,27] .

(2-1-5-2)تكنولوجيا تشكيل البوليمرات Polymer Modulation Technology

إن تقنية تشكيل البوليمرات يقصد بها جزأين رئيسيين هما : الاول عملية الحصول على المادة الراتنجية من خاماتها الأولية اي من أساس البترول، وتقوم بهذه التقنية شركات ضخمة ذات استثمارات طويلة الامد معتمدة على مصانع البتروكيماويات اذ تتوافر فيها معامل أبحاث كبيرة وحديثة وعلماء متخصصين في هذا المجال لإنتاج مختلف أنواع الراتنجات، وتكون في أشكال قياسية مختلفة كالحبيبات والمساحيق والعجائن[54].

إما الجزء الثاني وهو عملية تشكيل الراتنجات في صورة المنتج النهائي الصالح للاستعمالات الاستهلاكية، وهذا الجزء يتطلب مصانع تعتمد في عملها على مكونين أساسيين في الانتاج هما مادة الراتنج وشكل القالب المطلوب فضلا عن العديد من انواع الماكينات التشغيلية تختلف في التصميمات حسب طريقة الإنتاج التي تستعمل في التصنيع المنتجات[54]. ان طرائق عملية تشكيل المادة الراتنجية تختلف الواحدة عن الاخرى وذلك بالاعتماد على طبيعة المنتج والشكل الهندسي والهيكل الخارجي المراد تشكيله، ومثال على ذلك اختلاف طرائق تشكيل مادة البولي اثيلين(PE) لإنتاج الانابيب البلاستيكية عن تلك المستعملة لإنتاج رقائق الماكنة (افلام) وكذلك تختلف في تشكيل الالياف او علب التغليف. ونلاحظ أن المواد المطاوعة للحرارة (Thermoplastic) تكون قابلة للتصنيع بمعظم الطرائق المعروفة وذلك لإمكانية اعادة تشكيلها بالتسخين دون حدوث تغير كيميائي في تركيبها في حين المواد غير المطاوعة حرارياً (Thermoset) تحتاج إلى طرق أخرى للتشكيل بسبب التفاعل

الكيميائي اثناء عملية البلمرة خلال التصنيع. وتحدد وتتأثر معظم طرائق تشكيل البوليمرات ببعض الخصائص الفيزيائية للبوليمر مثل[55,51]:

1. درجة الانصهار والثبات الحراري.
2. درجة الانتقال الزجاجي (Tg).
3. درجة التبلور للبوليمر(Tc) .
4. لزوجة منصهرات البوليمر عند درجات الحرارة محددة تحت ضغوط معينة، تعرف بلزوجة المنصهر (Melt Viscosity) وتدعى ايضا بمعامل السيولة (Melt index) اذ كلما يزداد معامل السيولة تقل لزوجة المنصهر. وذلك يعتمد على الكثير من العوامل منها درجة التشابك (Crosslinking)، ودرجة التفرع (Branching)، والوزن الجزيئي للبوليمر، وتوزيع الوزن الجزيئي (Molecular weight distribution)[55,51,48].

(1-2-1-5-2)اهم طرائق تشكيل البوليمرات

Modulation Methods for Polymers

1.طريقة القولبة بالحقن Injection Molding

تحتل هذه العملية مكانة ممتازة من عمليات التشكيل المختلفة، وواحدة من اقدم الأساليب في هذا المجال، التي اخذت اصلا عن طريقة سبك المعادن باستعمال القوالب وتستعمل على نطاق صناعي واسع لتشكيل انواع متعددة وكثيرة من خامات البوليمر بالحرارة، وهناك نوعان من التشكيل او القولبة بالحقن، وذلك على وفق المعدات المستعملة في التصنيع النماذج هي التشكيل بالحقن المكبسي (Plunger Injection Molding) والتشكيل بالحقن الحلزوني(Spiral Injection Molding). وتطبق هذه الطريقة على الكثير من البوليمرات من نوع المطاوعة للحرارة منها (بولي ستايرين PS، وبولي اثيلين PE، وبولي بروبلين PP) [55،56].

2. طريقة القولبة بالنفخ Blowing Molding

تستعمل هذه الطريقة في إنتاج المنتجات البلاستيكية من مادة البوليمرات المطاوعة للحرارة ذات التجاويف رقيق الجدران جدا، ويتم ذلك بوضع اسطوانة مصنوعة من البلاستيك تسمى باريزون (Parison) في نصفي القالب بعدها يتم غلقه ثم ينفخ بالهواء المضغوط بقوة ليدفع بالصهير البلاستيكي إلى جدران القالب بواسطة أبرة النفخ، وبعدها بالتبريد يصبح البلاستيك المتراكم على جدران القالب الداخلية جامدا وقويا متخذا شكله النهائي [55].

3.طريقة القولبة بالكبس Compression Molding

تعد من اقدم طرائق تشكيل البوليمرات التي تم العمل بها عام (1909)، وهي من الطرائق الاساسية في تصنيع البوليمرات المتصلدة بالحرارة. تتطلب هذه الطريقة القالب الذي يتكون في العادة من شقين (الجزأين)، وسخانات كهربائية لتسخينه، ومعدات الضغط لهذا تتميز بالبساطة ورخص الثمن في التصنيع، اذ تتلخص في وضع كمية من البوليمر المتصلد حراريا بالقالب الذي يسخن ثم يطبق المكبس على العجينة المنصهرة تحت تأثير ضغط عالي لتملأ الفراغات في العجينة ليتم بعدها ازالة الضغط المسلط عند تصلب المادة بشكل التجويف المصمم الذي تملأه [56,55].

5. طريقة القولبة بالبثق Extrusion Molding

وتعرف بطريقة بثق(المنصهر- الجاف) (Dry-Melt Extrusion) وتعد هذه التقنية مثالية للبوليمرات لتصنيع اغلب أنواع البلاستيكيات المطاوعة للحرارة ولا تصلح للبلاستيكيات المتصلدة حراريا. وهي عملية دفع المنصهر من المادة البوليمرية خلال راس التشغيل تحت الضغط. ويتم اختيار نوعي البوليمر إما بسبب بعض المميزات الميكانيكية والفيزيائية المرغوبة والمراد إدخالها في التصنيع او على اساس التكاليف الاقتصادية. والمواد المستعملة في هذه التقنية تكون بأشكال مختلفة منها المسحوق، والحبيبات، والاقراص، والصفائح لتنقل من منطقة التغذية الى الامام عبر الاسطوانة محاطة بالمسخنات التي تعمل على تسخين المحتوى البوليميري، ثم الى الفوهة منتهية على شكل القالب المراد تصنيعه مع وجود الضغط الكافي ليجبر الخليط المصهور على الاندفاع بالمعدلات المطلوبة .تكون هذه التقنية أنواع مختلفة من التراكيب ذات أشكال منتظمة ومستمرة التي نحصل عليها مثل الألواح البلاستيكية (Sheets)، والأنابيب (Pipes)، والشرائط المفردة او المتعددة، والقضبان والأعمدة البلاستكية (Rods)، والطلاء (Coating) كطلاء الورق أو الانسجة أو بعض الصفائح المعدنية ولطلاء وعزل حول الأسلاك والكابلات. ونظرا لاستعمال هذه الطريقة في الدراسة الحالية لذلك سوف نتطرق اليها بالتفصيل، اذ تتألف ماكينة البثق ثنائية البريمة كما مبين في الشكل (2-3) من الأجزاء الرئيسة الاتية [56,55,54]:

A.قادوس التغذية (Hopper): وهو مستودع المادة البوليمرية التي تزود الباثقة.

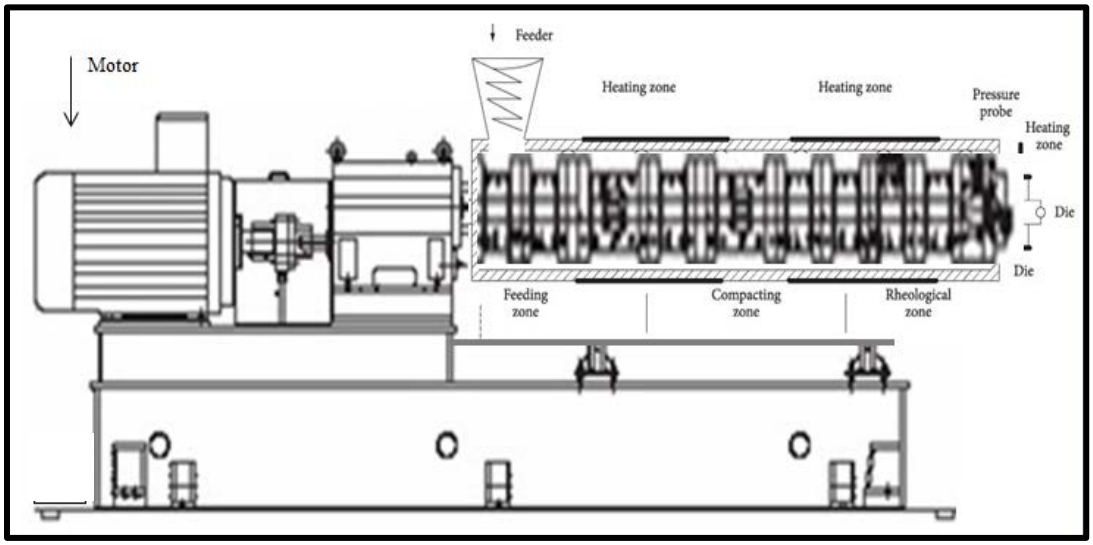
B. البريمة الحلزونية المزدوجة (Screw Twin): هي المسؤولة عن دفع البوليمر تدريجياً الى الأمام بحركة دورانية داخل أسطوانة التسخين، كما تؤدي الى تجانسه بسبب المزج الذي تعمله حركة البريمة. وبشكل عام تقسم الى ثلاثة مناطق رئيسة هي:

1. منطقة التغذية (Feed Zone):هي المتصل بالقادوس مباشرةً.

2. منطقة الانضغاط (Compression Zone):الجزء الأوسط الذي تندفع فيه المادة الى الامام. وتكمن أهميتها في تخليص المنصهر من الفقاعات الهوائية التي تؤثر سلبا في نوعية الانتاج.

3. منطقة القياس (Metering Zone):هي الجزء الأخير من البريمة ينتهي بالمصفاة لمنع الشوائب من المرور للقمة. وتأثيرها كبير على المنصهر بزيادة درجة حرارته وبالتالي كفاءة مزجه وتجانسه.

C- فوهة او لقمة التشكيل (Die): هي تمثل القالب الاساسي المعدني ذي ابعاد قياسية الحجم تبعا الى نوع المنتج النهائي المطلوب.



الشكل (2-3) مخطط توضيحي لماكنة البثق[61].

❖ الية التشكيل بطريقة القولبة بالبثق Extrusion Molding Mechanism

اولا / يتم ملئ القادوس بالمادة البوليمرية من النوع المطاوع للحرارة التي تكون بعدة اشكال كما ذكرت انفا.

ثانيا/ تلتقط المادة بواسطة البريمة المزدوجة الدوارة المحاطة بالجدران المصلدة لأسطوانة البثق وتدفع للأمام مع تعرضها للتسخين وتلين، وفي أثناء حركة المواد على طول البريمة فإنها تمزج في المصهور بشكل متجانس الى حد ما مع بعضها أو مع المادة الملونة (اذا تم إضافة لون إليها) وهذا التجانس اسهم في انتظام المقطع للمنتج النهائي.

ثالثا/ تدفع مادة المنصهر تحت ضغط مناسب عبر الرص من المصفاة (تمنع مرور الشوائب من الأجسام الصلبة الموجودة فيه والتي تؤثر في نوعية الإنتاج) إلى فوهة او لقمة القالب.

رابعا/ يخرج المنصهر البوليمري البلاستيكي من لقمة البثق إلى وحدة التبريد ليتصلب ويأخذ الشكل النهائي المحدد به بعد تقطيعه إلى الأطوال والابعاد أو المساحات ذات إحجام وسعات مطلوبة على هيئة أنبوبة أو صفائح او غير ذلك [55,54].

(2-5-2) مواد التدعيم Reinforcing Materials

إن مصطلح مواد التدعيم يستعمل لوصف المواد التي تعمل على تقوية وتحسين مقاومة (Strength) وجساءة (Stiffness) المادة الأساس، وبالتالي المادة المتراكبة بالمجمل عندما تتشتت طبيعيا في التركيب الداخلي لهذه المادة دون ان تؤثر في تركيبها الجزيئي، وهذه المواد تعطي تغيرا مميزا في معظم الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية ومع المحافظة على الصفات المرغوبة للمواد المتراكبة. وتختلف اشكال مواد التدعيم باختلاف طرائق تصنيعها، اذ يمكن تدعيم المواد المتراكبة بأشكال وابعاد مختلفة كما ذكرت انفا ومن اهمها :الطبقات (Laminar)، وألياف(Fibers)، وقشور (Flakes)، والحشوات(Fillers)، اوعلى هيئة شبكة هجينة من خلال جمع بعض هذه الاشكال (التهجين ما بين الانواع) [34,33].

بدأ في الاونة الاخيرة تكوين المواد المتراكبة من خلال استعمال الحشوات الدقائقية (Particulate Fillers) بشكل كبير بدلا من الالياف او الطبقات نظرا الى كلفتها المنخفظة وامكانية الحصول على توزيع اكثر تجانس للدقائق في مادة الاساس بالمقارنة مما عليها عند استعمال الالياف او الطبقات، وبالتالي الحصول على مواد متراكبة ذات خواص اكثر تماثلا. اذ ان الية التدعيم بالحشوات يمكن ان تقسم الى قسمين :الاول التدعيم بالتشتيت والذي يعتمد دقائق باقطار متناهية في الصغر بحدود اقل من (1µm) والكسر الوزني المعتمد للدقائق لاتتجاوز (15%) في هذا القسم من التدعيم. كما يجب ان تكون المادة المشتتة (المدعمة) ذات قابلية ذوبان واطئة في المادة الاساس اذ لاتؤدي الى تفاعلات كيميائية فضلاًعن نشوء ارتباط جيد بين المادة الاساس والمادة المشتتة تعمل على زيادة حد المرونة لأنها تقلل من الاجهادات المسلطة على المادة الأساس. اما القسم الثاني فهو التدعيم بالدقائق الكبيرة التي تمتلك اقطار دقائق اكبرمن (1µm) مع كسر وزني للدقائق بنسبة قد تصل الى (50%) وهذا القسم يستعمل بكثرة وخاصة في تحسين خواص المتراكبات وللحصول على تدعيم بفاعلية عالية يجب اعتماد دقائق صغيرة، وبمدى ضيق، وبتوزيع متجانس داخل مادة الاساس مما يجعلها تتحمل القوى والاجهادات المسلطة عليها [57].

(1-2-5-2) نظام تصنيف الحشوات الدقائقية

Classification System of Particulate Fillers

تصنف الحشوات الدقائقية بقسميها المذكورين سابقا بالاعتماد على مصدرها وتركيبها الكيميائي لكونها طبيعية ام غير طبيعية، وعضوية ام غير عضوية التي تدخل في تدعيم المواد البوليميرية المطاوعة للحرارة وهذا ما يخص دراستنا الحالية مما يعطي للمتراكب المتانة وخفة الوزن، وكما تكون صديقة للبيئة ومتجددة ومتوافرة بصورة مستمرة [57،58].

اولا/ الحشوات الدقائقية العضوية **Organic Particulate Fillers**

تستعمل هذه المواد في المتراكبات البوليميرية متعددة وتتكون من اللكنين والسليلوز مثل الاخشاب، واحطاب الشجيرات، والمخلفات الزراعية، وتشكيلة من مسحوق المكسرات، فضلا عن الحشوات البروتينية التي يمكن الحصول عليها من نبات الصويا والريش .

إن اهم الامور التي يجب ادراكها هو عامل الثبات الحراري للحشوات الدقائقية العضوية الذي يكون ذا قيمة قليلة، أي ان عملية التصنيع وخصوصا مع المواد البوليميرية ذات درجة انصهار عالية قد تؤثر في خصائص الحشوات الطبيعية، وبالرغم من ذلك الامر فهي تمتلك خصائص جيدة منها ان كثافتها قليلة، كما انها تلعب دورا مهما كمواد تدعيم رخيصة الثمن لمادة الاساس البوليميري الاغلى ثمنا، وانها تقلل من انكماش القالب وهذا يعد مهما في عملية تحضير المتراكبات[59،60]. ومن المواد الطبيعية المستعملة كمادة تدعيم للبوليمرات هي :-

1) مسحوق السليلوز **Cellulose Powder**

هو سكر عديد ويكون المركب الأساسي في الخلايا النباتية وبالذات في جدار الخلية النباتية، وصيغته الكيميائية $(C_6H_{10}O_5)_n$. يمكن استخلاص هذا النوع من لب الخشب بنوعية الصلب (Hard) والطري (Soft)، ومن بعض الاعشاب، وقد وجد بعض الباحثين ان مسحوق السليلوزي بشكل ألياف صغيرة يظهر تحت المجهر بلون شديد البياض، وفي السنين القليلة الماضية احتلت الحشوات السليلوزية مكانة عالية في المجال الاقتصادي، اذ تستعمل بشكل كبير كحشوات لتدعيم المواد البوليميرية المطاوعة للحرارة مثل (البولي بروبلين PP، وبولي فنيل الكلوريد PVC، والبولي اثلين PE) التي تكون مرنة في درجات الحرارة المنخفضة [59,31،61].

2) مسحوق الخشب Wood Flour

يمكن الحصول عليه من نشارة اخشاب الاشجار، اذ تتم بعملية السحق (الطحن) بواسطة المطاحن الكهربائية لان الخشب يحافظ في تركيبه على طبيعته الليفية، ويصبح حجم طحين الخشب في العادة ما بين (Mesh 50-150). يتكون التركيب الكلي للخشب بصورة رئيسة من نوعين من المركبات هما السليلوز (Cellulose) حوالي (60%) واللجنين (Lignin) حوالي (35%) والباقي يتألف من الكربوهيدرات والمواد غير العضوية ضرورية لاستمرارية حياة الاشجار [62،61]. اذ يتميز بالخصائص الهيكلية والفيزيائية الجيدة كما يتمتع بالقوة وسهولة دمجه عند استعماله في صناعة المواد المتراكبة البوليميرية المتمثلة بالأثاث المنزلي والبنايات، اذ ان شكل المنتج النهائي متناسق ومقاوم للتأكسد والرطوبة المسببة للعفن لفترة طويلة لأنه يمتلك مادة اللكنين بشكل كبير التي تمنع التأكسد على السطح. وفي اغلب الاحيان لا يتطلب الطلاء الا انها لا تحتفظ بلونها الخارجي لفترة طويلة والذي يؤثر بدوره على شكلها الخارجي و شحوب الوانها ويسبب العفن الناتج من امتصاص الرطوبة وبالتالي تغيير الخصائص الفيزيائية والميكانيكية وذلك لتكون التشققات في المادة الاساس[2،59] .

3) مسحوق المخلفات الزراعية Agricultural Waste Flour

يمكن الحصول على هذه المادة من مخلفات المحاصيل الزراعية الكثيرة والمنتشرة بكميات وفيرة في دول العالم بالمقارنة مع اخشاب الغابات. كما ان مسحوق المخلفات الزراعية مشابه لمسحوق الخشب الصلد في التركيب الكيميائي الا ان الخشب عبارة عن ألياف طولية صغيرة بينما مسحوق المخلفات يحتوي على نسبة الياف اقل واقصر نسبيا كما ان طبيعة الدقائق للمخلفات تكون اكثر هشاشية مما عليه في طحين الخشب وذلك يعود الى انه يمتلك مادة اللكنين بكمية اكبر وسليلوز بشكل اقل مقارنة مع الخشب [61,4,2]. ويؤثر التباين في التركيب الكيميائي للمواد الخشبية المختلفة على كيفية استعمالها في عمليات التصنيع بغية الاستفادة منها في التطبيقات المختلفة، ونتيجة لذلك يكون من الضروري الفهم والتقدير للتنوع في التركيب الكيميائي والتشريح الأساسي لكل من المواد الخشبية (Woody)، وغير الخشبية (Non woody) وفي الجدول (2-2) توضيح التركيب الكيميائي لبعض الياف الخشب الطبيعية [31].

الجدول (2-1) توضيح التركيب الكيميائي لبعض ألياف الخشب الطبيعية[36].

Type of fibre	Cellulose	Lignin	Pentosan	Ash	Silica
Stalk fibre					
Rice	28-48	12-16	23-28	15-20	9-14
Wheat	29-51	16-21	26-32	2.5-9	3-7
Barley	31-45	14-15	24-29	5-7	3-6
Oat	31-48	16-19	27-38	6-8	4-6.5
Rye	33-50	16-19	27-30	2-5	0.5-4
Cane fibre					
Bagasse	32-48	19-24	27-32	1.5-5	0.7-3.5
Bamboo	26-43	21-31	15-26	1.7-5	0.7
Bast fibre					
Seed flax	43-47	21-23	24-26	5	-
Kenaf	44-57	15-19	22-23	2-5	-
Jute	45-63	21-26	18-21	0.5-2	-
Hemp	57-77	9-13	14-17	0.8	-
Ramie	87-91	-	5-8	-	-
Core fibre					
Kenaf	37-49	15-21	18-24	2-4	-
Jute	41-48	21-24	18-22	0.8	-
Wood fibre					
Coniferous	40-45	26-34	7-14	<1	-
Deciduous	38-49	23-30	19-26	<1	-

ثانيا/ الحشوات الدقائقية غير العضوية Inorganic Particulate Fillers

تعد هذا المواد من اهم الحشوات الدقائقية وذلك لمميزاتها الكبيرة منها تكون متوفرة بصورة طبيعية وبكثرة وبأشكال مختلفة جاهزة للاستعمال بصورة مباشرة، وقد تنتج بصورة صناعية لاستعمالات خاصة لذلك تستعمل لتقليل الكلفة للمواد المصنعة وبدون خسارة تذكر وان حصلت الخسائر فهي قليلة، فضلا عن ذلك فان هذه الحشوات تحسن من خصائص المركبات عند اضافتها ومثال على ذلك الصلابة تزداد بشكل واضح، ومن اهم انواعها [السليكا (Silica)، والالومينا (Alumina) ، والزجاج (Glass)، والطين (Clays)] [63،61,49].

(2-2-3-2)الخصائص المؤثرة على تحشيد الحشوات الدقائقية

Properties Effecting on Reinforcing Particulate Fillers

اولا / الحجم والشكل الدقائقي Size and Shape Particles

إن دور هذا العامل يكون ذي أهمية عالية فالكثير من المواد المدعمة ذات الطبيعة الكروية الصلدة تستعمل في تدعيم المواد المتراكبة ذات الاساس البوليمري (PMCs) بسبب تأثيرها على خاصية الربط أو التشابك. وبشكل عام فأن الدقائق الصغيرة تعطي خواص ميكانيكية مهمة وعالية، أما الدقائق الكبيرة فأنها تقود إلى انخفاض قيم الخصائص كما هو الحال في مقاومة الشد التي تتناقص مع الزيادة في حجم الدقائق عند كسر حجمي ثابت وذلك نتيجة للزيادة في عامل تركيز الإجهاد الذي يؤدي إلى زيادة حجم الشق. اي ان الخواص النهائية للمواد المتراكبة تتأثر بعاملين هما شكل وحجم الدقائق، اذ يكون دورهما واضحاً ومهماً على السطح البيني للمتراكب[64,40].

ثانيا/ الكسر الحجمي والوزني للدقائق Volume and Weight Fraction Particles

هنالك تباين في كثافة دقائق التدعيم المالئة عن بعضها البعض وكذلك تركيب المادة المتراكبة الذي يمكن تحديده ضمن مفهوم الكسر الحجمي والذي يعرف بأنه نسبة حجم التدعيم الى الحجم الكلي للنموذج المتراكب، او يعرف ايضا بأنه الكمية النسبية لمختلف المكونات الداخلة في تكوين المادة المتراكبة، وان التعبير عن هذه المكونات حجميا يكون مناسب بسبب سهولة ربطه بمفهوم مشاركة الحمل ضمن المادة المتراكبة، إلا انه يكون من الصعب خلال التصنيع قياس حجم المكونات، بينما قياس وزنها أسهل لذلك يكون استعمال الكسر الوزني شائعاً أيضا، اذ ان التغير في الكسر الحجمي او الوزني للدقائق يؤدي الى تغيير في الخصائص الميكانيكية للمتراكب المتمثلة بالصلادة ومقاومة الانحناء والشد وكذلك المرونة. كما ان هذا العامل بدوره يعتمد بطبيعة الحال على الدقائق المدعمة وطبيعة البوليمر[66,65].

ثالثا /ميكانيكية ارتباط البوليمر والمادة المدعمة

Mechanisms of Polymer Bonding and Reinforced Material

إن هذه الميكانيكية تتمثل بأربع صيغ لاحتمالات التفاعل هي [67,66]:

1) التضمين الفيزيائي البسيط (Physical Inclusion) لدقائق التدعيم الداخلة في اتحاد مع المادة الاساس من البوليمرات اللاقطبية، وفي هذه الحالة يعمل المالئ الدقائقي كمخفف (Dilatants) والمادة البوليميرية غالباً ما تكون هنا ضعيفة (Weakened).

2) الالتصاق الفيزيائي (Physical Adhesion) ما بين المادة الاساس (البوليمر) وسطح دقائق مادة التدعيم لاسيما اذا كانت ذات سطح خشن الذي بدوره يسمح للمادة البوليميرية بالدخول في شقوق المالئات مما يزيد من متانة المادة المتراكبة.
3) التأسيس (Establishment) لربط كيميائي بين الاساس البوليمري والدقائق المتفردة (Individual Particles) المدعمة مثال ذلك تدعيم المطاط بأسود الكاربون[67,27].
4) ترطيب سطوح الدقائق للمادة المدعمة بالبوليمر، الذي يزيد من متانة الشد وصلابة المنتج وبالتالي تحسين كفاءته[67,66]. ولأهمية هذا العامل في دراستنا سنتطرق اليه بشكل مفصل في الفقرة القادمة.

(3-5-2) السطح البيني وقوة التلاصق Interface and Bonding

توجد منطقة الالتصاق او الارتباط (Adhesion) ما بين مادة التدعيم ومادة الأساس التي تتولد من عملية تصنيع المواد المتراكبة، ويشار إليها في أنظمة المتراكبات بالمناطق الانتقالية المتولدة بين الأطوار المختلفة المكونة لهذه المادة[66,64]. وتعد هذه المنطقة احد العوامل الأساسية الثلاثة في تحديد السلوك الميكانيكي للمتراكبات في إثناء عملية التحميل، فضلا عن تأثر خواص المتراكبات بخواص المواد المتكونة منها ولهذا نجد ان السطح البيني يلعب دورا مهما في تحديد الخواص النهائية للمادة المتراكبة، يعزا ذلك الى منطقة التلاصق والترابط بين مساحيق او الالياف من جهة والمادة الأساس من جهة اخرى التي تشغل مساحة كبيرة لكل وحدة حجم من مادة المتراكب وتتأثر هذه المساحة بقابلية التبلل(Wet Ability) فكلما زادت خاصية التبلل سوف تزداد مساحة الارتباط التي يتم من خلالها نقل القوى من المادة الأساس إلى مادة التدعيم بأشكالها المتعددة، فعندما تعمل منطقة الترابط البينية بجودة عالية فان مادة الأساس سوف تنقل اعلى الاجهادات المسلطة على المتراكب إلى مادة التدعيم التي ستتحمل بدورها معظم الاجهادات، أما في حالة ضعف المنطقة الترابط فان الإجهاد المسلط سوف لا يساوي الإجهاد المنقول، وبذلك يحصل الفشل عند قيم إجهاد واطئة. كما ان بانعدام هذا المنطقة لا يكون هنالك نقل للإجهادات وبالتالي تتصرف مادة التدعيم كأنها فجوات داخل المادة الأساس. علاوة على ذلك فان سلوك المنطقة البيني يؤثر على آلية فشل المادة الأساس والشغل اللازم لتشققها وتمزقها. ويتم معرفة مدى قوة السطح البيني من خلال اختبارات بسيطة مثل اختبار اجهاد القص بين الطبقات (Inter Laminar Shear Stress ILSS) او اختبار الانحناء ثلاثي النقط (Three-Point Bending TPB) [62،63،68].

من خلال ما تقدم يمكن ان نبين خصائص منطقة الترابط البيني وسلوكها يعتمدان على عاملين رئيسيين هما :-

أولا/ عامل التبليل او الترطيب (Wettability) هذه الخاصية تعرف بمدى قابلية المادة الاساس على ترطيب مواد التقوية (اذا كانت المادة الاساس سائلة) من خلال الانتشار في سطح المادة الصلبة.

إن زيادة قابلية الترطيب بين المادة الاساس ومادة التقوية يوفر زيادة في التماس البيني المتمركز ما بين المادتين، وتقاس خاصية الترطيب بواسطة نظام الاتزان لقوى السائل على سطح صلب مستوي، اذ تتم عملية ترطيب السطح بصورة كاملة عندما تكون القوى المؤثرة بحالة اتزان [68,66]. ولقياس خاصية الترطيب نعتمد معادلة يونك كالآتي :

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos\theta \qquad \text{..... (1-2)}$$

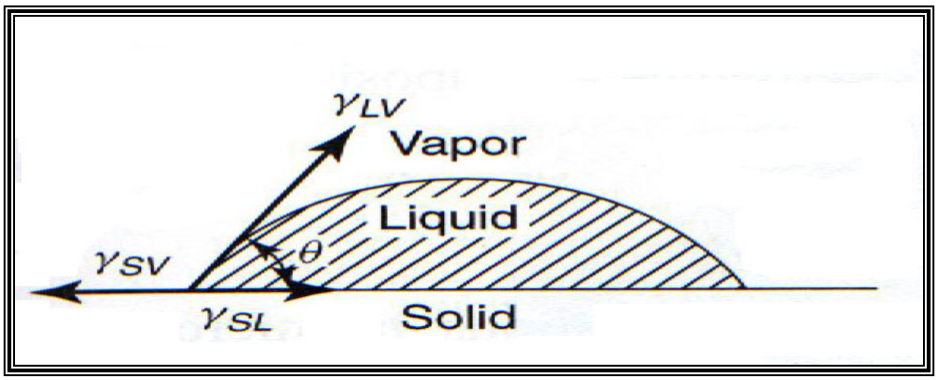
علما ان:

(γ_{SV}):قوة الشد السطحي (صلب - بخار).

(γ_{SL}): قوة الشد السطحي (صلب - سائل).

(γ_{LV}):قوة الشد السطحي (سائل - بخار).

(Θ): زاوية التماس (Contact Angle).



الشكل(2-4)تأثير قوى الشد السطحي في قطرة السائل مع المادة الصلبة.

يتبين من خلال المعادلة (2-1) عندما تكون زاوية التماس صغيرة فأن خاصية الترطيب تصبح جيدة وان أفضل قابلية للترطيب تكون عند قيمة الزاوية المساوية الى ($\Theta=0^o$) فيدل ذلك على حالة التبليل، وعلى عكس ذلك كلما تزداد زاوية التماس تضعف خاصية الترطيب، وعندما تصل الزاوية ($\Theta=180^o$) تؤدي الى انعدام قابلية الترطيب بشكل نهائي ومما يؤثر في متانة الربط نتيجة وجود الفراغات الهوائية الناتجة عن بعض التفاعلات الكيميائية بين المكونات، اذ تعتمد زاوية التماس على

طبيعة السطح الصلب من خلال الخشونة فضلا عن وجود الشوائب على سطح الصلب أو السائل و الشقوق في السطح البيني فضلا عن الاختلاف في معامل التمدد الحراري لمكونات مادة المتراكب [70،69].

ثانيا/ نوعية الترابط (**Bonding**) الحاصل بين المادتين الواقع بينهما السطح البيني الذي هو عبارة عن مادة كيميائية لها القدرة على التفاعل مع كل من مادة التدعيم والمادة الاساس (البوليمر) لتكوين المادة المتراكبة ومن انواع الربط الرئيسة هي [68,66،63]:

A. الترابط الميكانيكي Mechanical Bonding

يعرف بالالتحام البيني الميكانيكي، اذ يكون هذا النوع من الربط معتمداً على شكل او على تأثير الاحتكاك او مقاومة او خشونة السطح لكلا المادتين اثناء تحضير المتراكب، فقد تحتوي كلا المادتين على الشقوق او الخدوش او الثقوب اذ تخترقها المادة ثم تتصلب محققة التحاما بينيا (Interlock) اللاصق لطبقات السطح على كلا الجانبين كما في حالة لصق الورق والخشب لذلك يعد هذا النوع من الترابط ضعيفاً بصورة عامة [70,67].

B. الترابط الكيميائي Chemical Bonding

يعد الترابط الكيميائي من أقوى أنواع الربط، اذ يتكون بين جزيئات المادتين بواسطة أواصر تساهمية، وأيونية، وفلزية او عن طريق القوى الجزيئية (الناتجة من تأثير جزيئات المادتين احدهما على الاخرى) للحصول على السطح البيني بمقاومة عالية (Strength)، ان كفاءة هذا الربط تعتمد على عدد و نوع الاواصر الكيميائية بين الجزيئات[70,67].

يمكننا استنتاج من خلال ما تقدم ان عامل الترابط يحتوي على العديد من الوظائف، اذ يكون دوره أو مكانه بين السطوح ما بين جزيئات البوليمر والمادة المدعمة ليصنع بذلك جسور كيميائية بينهما، وأيضاً يربط المالئات غير العضوية مع البوليمرات العضوية مما يؤدي الى تعزيز المتراكب بقوة ربط أقوى للسطوح، فضلا عن كونه يمنع التكتلات ويحسن من توزيع مادة التدعيم على المادة الاساس. يمكن تصنيف عوامل الربط من خلال الاعتماد على تركيبها الكيميائي كالاتي [72،71،27]:

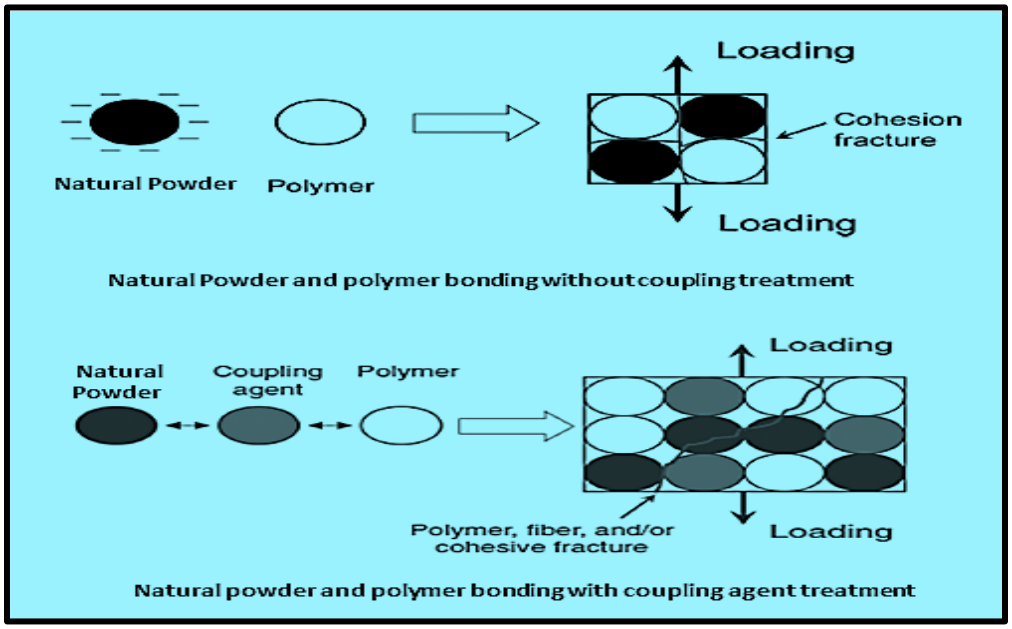
1- **المركبات العضوية (Organic Compounds) :** تحتوي هذه المركبات في تركيبها على مجاميع عضوية متمثلة (Amides, Anhydrides , Isocyanates , Organic Acids, Copolymers, Monomers, Epoxides, Chlorotriazines Imides , Acrylates , Polymers).

2- **المركبات اللاعضوية (Inorganic Compounds) :** تتكون هذه المركبات من مجاميع لا عضوية تتمثل بعدد قليل من (Silicates) التي تستعمل في تقوية مواد التدعيم (الالياف مثلا) وايضا عند تدعيم المواد المتراكبة.

3- **المركبات العضوية-اللاعضوية (Organic-Inorganic Compounds) :** تحتوي هذه المركبات على مجاميع عضوية ولا عضوية تشمل (Silanes and Titanates). واحدى افضل هذه الانواع المركبات التي تحتوي على المادة الرابطة السيلانية ونظرا لاستعمالها في هذا البحث، لذلك سوف نتطرق اليها.

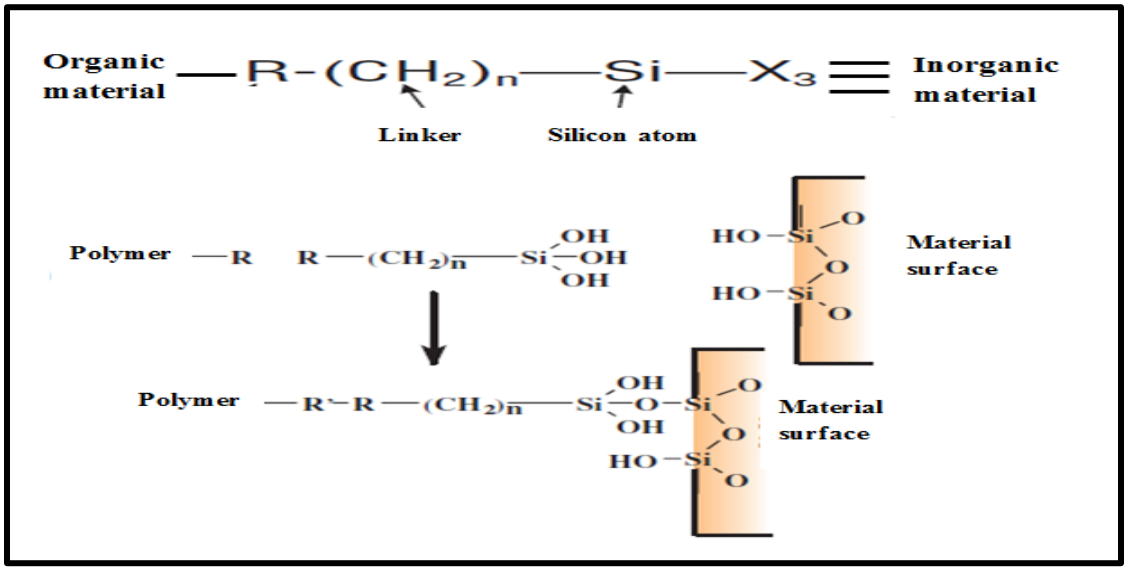
(1-3-5-2)المادة الرابطة السيلانية Silane Coupling Agent

تعرف بأنها مجموعة من المركبات الكيميائية الفعالة وضيفتها تقوية الالتصاق في السطح البيني من خلال احداث الاصرة التساهمية وقوى الترابط الثانوية والتي تشمل الروابط الهيدروجينة وقوى فان دير فالز، اذ لها قابلية على التفاعل مع المواد العضوية وغير العضوية، تمتلك هذه المجاميع أقصى تفاعل مع البوليمرات المطاوعة للحرارة كما مبين في الشكل (2-5) [72,31،27]. ان المادة الرابطة السيلانية تتأثر أساسا بعدة عوامل منها الوزن الجزيئي، والكسر الوزني، وتركيز المادة السيلانية في النموذج المتراكب، اذ وجد ان افضل اداء لهذه المادة عندما يكون الوزن الجزيئي كبيرا وتركيز المادة معتدلا [74،73].



الشكل (2-5) مخطط توضيحي للاستعمال بوجود او بدون المادة الرابطة[31].

إن الصيغة العامة للمادة الرابطة السيلانية المتكونة بشكل اساسي من السيليكون (Si)عادة ما تظهر على هيئة جزئيين الاول (X) وهو عبارة عن المجموعة الفعالة قابلة للتحلل المائي (الممتصة للماء) (Hydrolyzable) مثل (Alkoxy, Acyloxy, Methoxy , Ethoxy…, etc)، اذ تتشكل هذه المجاميع مع المواد غير العضوية. اما الجزء الثاني (R) مجاميع لاتتحلل مائيا(غير الممتصة للماء)(Non Hydrolyzable) مثل (vinyl , Amino , Chloro , Epoxy , Mercapto.. , etc.) سوف تتشكل مع البوليمر العضوي لتطبيق تأثير عامل الربط كما موضح في الشكل (2-6) [76،75]. كما تتشكل مع اكاسيد بعض العناصر أخرى مثل الألمنيوم ، الزركونيوم، القصدير، التيتانيوم، النيكل. وتكون روابط الأقل استقرارا كما لا تشكل أكاسيد الفلزات والكربونات الفلزية القلوية روابط مستقرة مع(Si-O) [74,73].



الشكل(2-6)التركيب الكيميائي للمادة السيلانية والية التفاعل بصورة عامة[74].

(6-2)المواد المتراكبة الهجينة Hybrid Composite Materials

تعرف على انها أنظمة جديدة في مادة الوسط المتراكب تربط شكلين أو أكثر من المدعمات قد تكون بتدرج صغير (كالدقائق) أو بتدرج كبير (كالألياف او الطبقات) في المادة الأساس نفسها التي قد تكون راتنجات متصلدة بالحرارة أو مطاوعة للحرارة، ويتسع التعريف ليشمل مواد تقوية متعددة. تستعمل هذه المواد في إضافة تحوير جديد فيما يخص الصفات الميكانيكية وبالذات مقاومة الكسر وانفعالات فشل المادة الأساس أو تحسين الصفات الحرارية والتوصيلية الكهربائية للمادة الأساس [67,65]. كما أن

المتراكبات الهجينة قد تكون خليطا من النوعين السابقين الهجائن (الليفية والطبقية والدقائقية) يتم الربط فيه بين الألياف والدقائق معا في نفس المادة الأساس.

إن الغاية الحقيقية من جمع أنواع مختلفة من مواد الأساس أو مواد التقوية أو كلاهما معا هو انشاء تركيبا جديدا يحتفظ بالخواص المميزة لمكوناته الأساسية وجعلها مناسبة للاحتياجات المطلوبة التي صممت لأجلها ضمن مدى واسع من الصفات المرغوبة للمكونات، واختيار مواد التدعيم بكسور حجميه مناسبة وإبدال المدعمات الغالية بأخرى اقل ثمنا مع الحصول على نفس هدف التقوية[67,64,37]. وهنالك اتساعاً كبيراً لمدى الخصائص التي يمكن الحصول عليها بهذه المواد التي تعد مستقبلا لا نظير له في التنوع والحصول على فوائد نوعية لتلك المتراكبات وان أهمية المواد المتراكبة الهجينة تعزى الى:-

1. تقليل الكلفة التي تعد عاملا مهما في الصناعات الثقيلة والكبيرة من خلال إبدال مواد التدعيم غالية الثمن والكلفة بمواد ارخص ثمناً، ولذا فالمواد المتراكبة الهجينة تعطي فرصة اكبر للمصمم للحصول على مواد خفيفة الوزن وذات كلفة قليلة.
2. إمكانية الحصول على خصائص فيزيائية وميكانيكية باختبار طبيعة المادة المناسبة لها.
3. امكانية تجنب سلوك ما بعد الفشل بإنتاج مواد متراكبة هجينة مميزة مع موادها الأساس .
4. إمكانية الحصول على خصائص فريدة لا يمكن الحصول عليها عند استعمال نوع واحد من مواد التدعيم.
5. تمتاز بالجساءة ومتانة الكسر عالية.
6. تحسين مقاومة (الكلال، والشد، والصدمة).
7. معاملات (المرونة، والقص، والانضغاط) للمواد المتراكبة الهجينة ذات قيم عالية [67,64,40].

(7-2)الخواص الميكانيكية السطحية والفيزيائية

Properties of Surface Mechanical and Physical

إن دراسة خواص متراكبات الخشب البلاستيكي وما يؤثر فيها من متغيرات وعوامل للوقوف على ما تتعرض له هذه المواد اسهم بدور اساسي في معرفة سلوك هذه المادة لإدخال التحسينات بطرائق ميكانيكية وتكنولوجية والالمام بها قبل ان يتم استعمالها كمواد بديلة في التطبيقات المختلفة [77].

لقد أجريت في الدراسة بعض الاختبارات السطحية الميكانيكية والفيزيائية المتضمنة (اختبار الصلادة السطحية، ومقاومة البلى، والكثافة الحجمية، والتوصيلية الحرارية، وخاصية النفاذية لمتراكبات الخشب البلاستيكي في الماء والمحاليل الكيميائية).

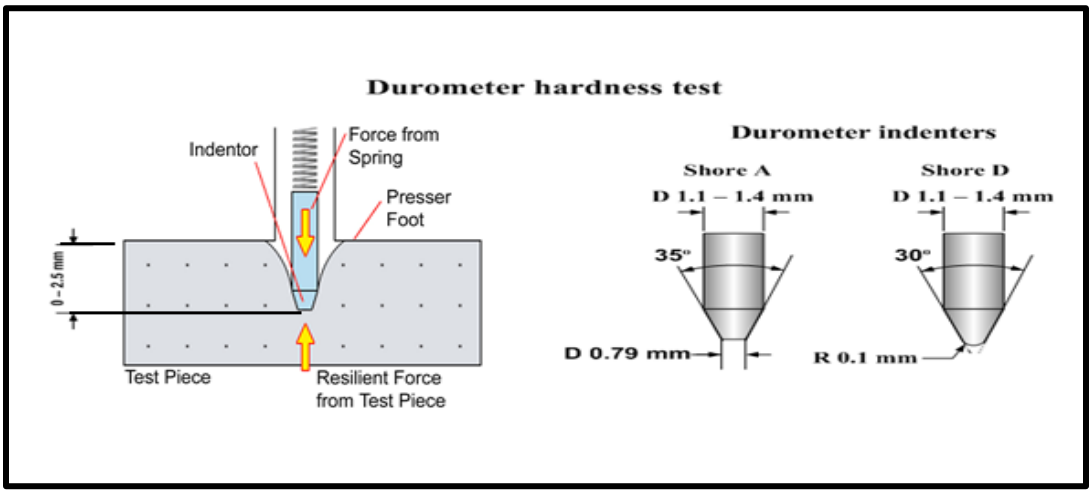
تعد الخواص الميكانيكية من اهم خواص البوليمرات من الناحية التطبيقية، وبصورة عامة تصف سلوك المواد البوليمرية ومتراكباتها الواقعة تحت تأثيرات الاجهادات، ويعد اختبار معدل البلى احد اهم هذه الاختبارات الذي يطبق على المواد الهندسية المختلفة، وهو من مصادر فشل المادة عند تعرض اجزاءها الى دقائق متحركة بسرع في الاوساط مختلفة (الغازية، والسائلة، والجافة). كما ان اختبار البلى يعطي تصورا عن كفاءة او عدم كفاءة الاداء المطلوب للمادة، فضلاً عن الضرر الناتج عن الاحتكاك والبلى يؤدي الى خسائر اقتصادية كبيرة[78,77].

(1-7-2) الصلادة السطحية Surface Hardness

تعد الصلادة من الخواص السطحية المهمة التي يقصد بها مدى مقاومة سطح المادة للخدش او الغرز او التشوه اللدن (Plastic Deformation) وذلك نظراً لتعرض المواد من قبل معدات اصلد منها اذ تعطي فكرة جيدة عن متانة وتماسك المادة، و يرتبط اختبار الصلادة بعدة عوامل مثل (معامل المرونة، ومقاومة الخضوع، وازالة الانفعال والتشوه الدائم). وان هذه العوامل تعتمد بدورها على القوة الرابطة بين مكونات المادة المختلفة، ونوع السطح، ودرجة حرارة التشغيل والمعاملة الحرارية . كما تعرف الصلادة المنيرولوجيا (Mineralogy Hardness) بانها مقاومة المادة الاساس لتصبح قاشطة لمادة اخرى، اما الصلادة الميتالورجيا (Metallurgy Hardness) فتعرف بانها قدرة المادة على مقاومة التشوه اللدن[41،79]. ان قياسات الصلادة واسعة التطبيق لأنها اختبارات سريعة وواضحة تتميز بسهولة ورخص الاجهزة المستعملة نوعا ما، وتعتمد مساحات اجهاد منخفضة كما انها لا تحتاج الى تحضير عينة بأبعاد قياسية خاصة وغير اتلافية العينة (Nondestructive)، اذ لا

تنكسر او تتشوه بل يكون بشكل نتوء صغير فوق سطح العينة. وتقاس صلادة المواد بعدة الطرائق منها[79،41]:

1- صلادة روكويل (Rockwell Hardness) .
2- صلادة برينل (Brinell Hardness) .
3- صلادة فيكرز (Vickers Hardness) .
4- صلادة نوب (Knoop Hardness)
5- صلادة شور (Shore Hardness): تنقسم هذه الطريقة الى نوعين، الاول (Shore-A) ويستعمل لقياس صلادة المواد البوليمرية اللين (Softer). اما النوع الثاني صلادة (Shore-D) وهو لقياس البوليمرية الصلدة (Harder) والذي اعتمد في الدراسة الحالية من خلال استعمال جهاز (Durometer Hardness)، الذي يعتمد على مدى نزول اداة الغرز (الابرة) (Indenter) في العينة كما موضح في الشكل (2-9) [80].



الشكل (2-7)طريقة فحص صلادة(Shore-D) [80].

(2-7-2) مقاومة البلى Wear Resistance

يمكن ان يعرف اختبار البلى على انه عملية تعرية او فقدان لسطح المادة الصلبة جزء من مادته نتيجة تأثرها بسطح جسم صلب اخر يكونان معا تحت تأثير حركة نسبية مع وجود العوامل المحيطة مثل (درجة الحرارة، السوائل،الغازات ...الخ). مما يؤدي الى انتقال مادة من أحد السطحين المحتكين الى الاخر وبالتالي تخسر المادة جزيئاتها السطحية بفعل قوى بعض التأثيرات الميكانيكية. وبغض النظر عن معدل البلى الناتج تحتاج مقاومة البلى الى العديد من الخواص التي يقع الجزء المهم منها في الخواص الميتالوروجية (Metallurgy) التي أهمها الصلادة والبنية المجهرية[81،78،77].

(1-2-7-2) انواع البلى Types of Wear

يصنف البلى بالاعتماد على طبيعة الحركة او الوسط او كليهما الى[77،78،82]:

1) البلى القشطي (الحكي) Abrasive Wear

يحدث هذا النوع من البلى بواسطة القوة المعاكسة لحركة النتوءات على طول امتداد السطحين المتلامسين عندما يكون احدهما اصلد من الاخر مما يؤدي الى حك او قشط السطح الاقل صلادة بحصول التحزيز(Scoring)، والتخديش (Scratching)، والاقتلاع (Gouging)، والفرق بين التسميات يعتمد على مقدار الضرر الحاصل في المادة. ونلاحظ من خلال ما تقدم ان هذه النوع من البلى يمثل نفس التقنية الميكانيكية المتبعة في عملية الصقل (Grinding) والتنعيم (Polishing) لكن في الاغلب تتغير هذه التقنية، اذ يضاف حطام البلى الذي يعمل كقاشط بين السطحين، ان باقي الحطام يتدحرج بين الاسطح المتلامسة مما ينتج عنه سلسلة من الدقائق المزاحة والفجوات الناجمة عن القشط العكسي. ان هذه العملية تكون ما بين ثلاثة اجزاء قاشطة. ويشكل البلى الحكي اعلى النسب من مجموع البلى الكلي الذي يحدث في المواد الخاضعة للتأثيرات الميكانيكية. وهنالك نوعان رئيسان من البلى الحكي هما[78,77]:

1. البلى الحكي ثنائي الجسم (Two-body Abrasive Wear).
2. البلى الحكي ثلاثي الجسم (Three-body Abrasive Wear).

2) البلى التأكلي (التعرية) Erosion Wear

يحدث البلى التأكلي من خلال عملية إزالة او فقدان المادة من السطوح الصلبة عندما تتعرض للاصطدام من قبل الدقائق سواء أكانت في حالتها الصلبة أم السائلة أم الغازية، ومن العوامل المؤثرة على هذا النوع هي زاوية الاصطدام (Angle of Impingement). ففي حال كانت الزاوية صغيرة ينتج عنها نوع من البلى قريبا من البلى الحكي، اما اذا كانت الزاوية قائمة على السطح فأن المادة سوف تزاح بفعل الكلال الهش. اي ان هذا النوع له ارتباطاً قوياً بالبلى الحكي، اذ يتشابه كليهما في تضرر سطح المادة الا ان الاختلاف الرئيسي بين النوعين يكون في درجة خشونة السطح الناجمة عن بلى التعرية اكبر نسبياً وذلك بسبب معدل السرع العالية للدقائق المصطدمة بالسطح مما يسبب ازالة جزء من نقاط منخفضة الموجودة على السطح المادة [77،83,84] .

3) البلى الكلال السطحي Surface Fatigue Wear

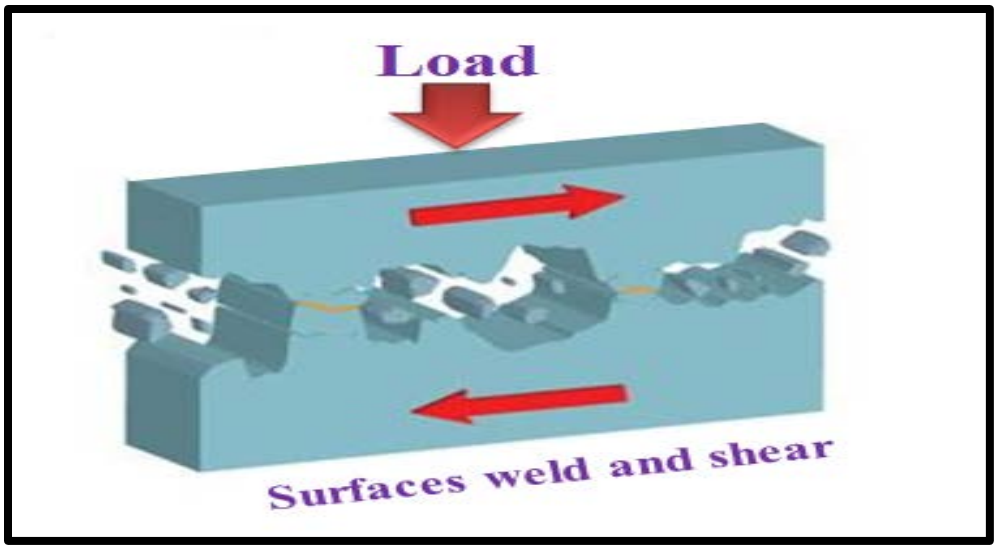
إن الالية الميكانيكية لحدوث بلى الكلال تتم من خلال الاجهاد الاهتزازي المتكرر على نفس المسار مما يقود الى الانهيار بعد عدد كبير من دورات التحميل (تسليط الحمل وإزالته) في المتماسات المتدحرجة وبالتالي تكسر النتوءات وتكوين حطام البلى، ويحصل هذا النوع في المعادن التي تكون تحت تأثير دورات التحميل مما يؤدي الى تكوين شقوق في سطح المعدن[78,77] .

4) البلى التهيج (التقرح) Fretting Wear

يحدث تأثير البلى التقرح نتيجة الحركه الاهتزازية ذات السعة الصغيرة بين السطحين في حالة التماس تحت تأثير الحمل المسلط. ومن اكثرالاسباب الشائعة التي ينتج عنها هذا النوع هي الاهتزازات (Vibration) الذي يظهر في البيئة المساعدة على التصدأ كالهواء مما يعجل من عملية البلى التي تسبب تفتت اغشية الصدأ ضعيفة الالتصاق بالسطح .ان تقنية حدوث بلى التقرح تبدء بالتصاق نتوءات بين السطحين المتلامسين عند التحميل وعندما تبدأ الحركة الصغيرة تحدث عملية تكسر النتوءات وينتج عنها حطام البلى [41،77].

5) البلى الالتصاقي Adhesive Wear

إن الالية الميكانيكية لحدوث هذا البلى تتم بفعل حالة انزلاق السطوح الصلبة المتلامسة على بعضها البعض مؤديا الى انتقال دقائق المادة بين السطحين المتلامسين نتيجة لخسارتها من احد السطحين او من كليهما تحت تأثير ضغط الحمل المسلط عليها الذي يكون كافيا لحدوث تشويه لدن موضعي (Local Plastic Deformation) والتلاصق. ومن الضروري ان تكون طبقات المادة مرتبطة مع بعضها بشكل اقوى من الاجهادات المسلطة لتجنب توليد دقائق حطام البلى الذي يؤثر سلبا على سطح المادة، وعلى عكس من ذلك ينفصل جزء من مادة السطح عند استمرار الانزلاق كما موضح في الشكل (2-8). كما ان مساحة التلامس الحقيقية اقل بكثير من المساحة الظاهرية للتلامس لذا يكون الضغط عالٍ عند قمم النتوءات المتلامسة الضعيفة [77]. بينما يحصل التصاق عالي الكفاءة ما بين السطوح المتلامسة النظيفة وبالتالي تكوين عدد قليل من النتوءات بسبب وجود قوة تجاذب بين ذرات السطحين، إذ ان وجود اغشية الأوكسيد او المزيتة يقلل بشكل كبيرة من عملية حدوث الالتصاق وتماسك الاسطح مع بعضها . وان حجم حطام البلى الناتج يتناسب طردياً مع الحمل المسلط ومساحه الانزلاق وعكسياً مع الصلادة[84,82,77].



الشكل (2-8) البلى الالتصاقي [41].

ويمكن تقسيم البلى الالتصاقي الى الانواع الثلاثة الاتية:-

1. **بلى الصقل (Burnishing Wear)**: يحدث عندما يكون احد السطحين المنزلقين في بنية سداسية (Hexagonal Closed Packed) (C.P.H) كما ان هذا النوع من البلى لا ينتج عنه حجم كبير للدقائق الذي يحصل في المعادن مسببا سطح مصقول في العادة ودقائق الحطام صغيرة جداً.
2. **البلى المتوسط (الطري)(Mild Wear):** يحدث عندما يكون الترطيب جيداً والضغط الموجود ما بين السطحين المتلامسين قليلاً وحجم حطام البلى يتراوح ما بين(2– 20 µm) وتكون معظم دقائقه ناعمة جداً.
3. **البلى الشديد (Severe Wear):** يحدث عندما يكون الترطيب قليلا او معدوماً وحجم حطام البلى يتراوح ما بين (200-20µm) يكون الحطام ذا دقائق كبيرة الحجم نسبياً ومن النوع المعدني لذا يسمى بالبلى المعدني (Metallic Wear) [78,77].

(2-2-7-2) طرائق قياس البلى Methods of Wear Measurements

1.الطريقة الميكانيكية Mechanical Method

تطبق هذه الطريقة لقياس مقاومة البلى للأجزاء كبيرة الحجم مثل الموجود في الاسطوانات والمكائن والسيارات. اذ يتم استعمال جهاز المايكرومتر(Micrometer) النموذجي ذي الحد التصميمي الذي يصل الى (10^{-3}cm) والمساحة السطحية مقدارها (10^{-2} cm^2) [84,78].

2.الطريقة الاشعاعية Radiation Method

تعد من الطرائق المتطورة لقياس معدلات البلى و تمتاز بالدقة ومن الممكن في هذه الطريقة دراسة نوعين من القياسات الاولى عندما يكون قياس البلى المطلوب صغيراً وبمقدار اقل مما مسموح قياسه في الطرائق الاخرى. اما النوع الثاني يستعمل لمعرفة خصائص الاثر وصفاته[84,78].

3.الطريقة الوزنية Weighting Method

اعتمدت هذه الطريقة في الدراسة الحالية لكونها من الطرائق العملية السهلة نوعا ما التي يمكن الاستدلال بها على البلى لأنها تعطي مقدار حطام البلى. وتتلخص هذه الطريقة بإيجاد كتلة العينة قبل الاختبار وبعده، والفرق بين الكتلتين يمثل كمية حطام البلى (Wear Debris).

ومن خلال الطريقة الوزنية يمكن حساب معدل البلى بالعلاقات الاتية[85,84,78]:-

$$\textbf{Wear Rate (W.R)} = \Delta W/S_D \quad \text{..... (2-2)}$$

$$\Delta W = W_1 - W_2 \quad \text{.....(3-2)}$$

اذ ان:-

(ΔW) :الكتلة المفقودة (حطام البلى) بوحدة (gm)

(W_1) : كتلة العينة قبل الاختبار . (W_2) : كتلة العينة بعد الاختبار.

(S_D) : مسافة الانزلاق (Sliding Distance) يعبر عنها بالعلاقة الاتية [78 ،85]:-

$$S_D = t \cdot V \quad \text{.....(4-2)}$$

(t): زمن الانزلاق (Sliding Time) بوحدة (sec).

(V): سرعة الانزلاق (Sliding Velocity) بوحدة (cm/sec) تعطى بالعلاقة الاتية:-

$$V = \pi D N \quad \text{.....(5-2)}$$

(N): سرعة القرص الدوار (Disc Velocity) بوحدة (دورة\دقيقة).

(D) يمثل قطر الانزلاق (Sliding Diameter) ويقاس بوحدة (cm) ويعبر عنه ب (2r).

(r) : نصف قطر الانزلاق بوحدة (cm).

لذا فان المعادلة (2-2) تصبح بالشكل التالي :-

$$\textbf{Wear Rate (W.R.)} = \Delta W/(2 \pi r.t.N)\ /60 \quad \text{.....(6-2)}$$

(3-2-7-2) متغيرات التشغيل لاختبار البلى

Operation Parameters of Wear Test

إن متغيرات التشغيل لعملية البلى تحدد بنقطتين هما[86,85,84] :

أولاً/ شكل حركة السطحين المتلامسين وتغيرها مع الزمن اثناء عملية البلى التي تكون بعدة أشكال من المكن تقسيمها الى اربع انواع رئيسة هي:

1- الحركة الانزلاقية (Sliding Motion).

2- الحركة الدورانية (Rolling Motion).

3- الحركة الانسيابية (Flow Motion).

4- الحركة الصدّمية (Impact Motion).

ثانياً/ متغيرات التشغيل الفيزيائية (Physical Operation Parameters) التي تتضمن **:-**

1. الحمل المسلط العمودي.
2. السرع الانزلاقية.
3. زمن الانزلاق (مدة التشغيل) .
4. درجة الحرارة.
5. .نوع ودرجة خشونة سطح النموذج وصلادته وتركيبه الكيميائي.
6. متغيرات التزييت كطريقة التزييت ونوع الزيت [86,85,84].

(3-7-2) التوصيلية الحرارية Thermal Conductivity

تعد الحرارة احدى أنواع الطاقة شأنها شأن باقي الطاقات مثل (الطاقة الكهربائية، والطاقة الصوتية ... الخ)، وتنتقل الحرارة من موضع الى موضع اخر بعدة طرائق كالتوصيل (Conduction), والحمل (Convection), والاشعاع (Radiation). سنتطرق في الدراسة الحالية على انتقال الطاقة الحرارية بعملية التوصيل لان انتقالها بالحمل يحدث فقط في حالة الموائع اي السوائل والغازات التي تكون الجزيئات فيها حرة الحركة. وتعرف التوصيلية الحرارية بأنها قدرة أو فاعلية المادة على نقل (Transfer) الطاقة الحرارية وذلك من خلال انتقالها من الجانب ذي درجة الحرارة العالية إلى الجانب ذي درجة الحرارة الواطئة، ويتم انتقال هذه الطاقة في المواد الصلبة بواسطة الإلكترونات

الحرة بالنسبة للمواد الفلزية التي تمتلك كمية كبيرة من الالكترونات المتحركة عشوائياً بانطلاق (Speed) يصل تقريبا الى (10^6 m/sec)في الشبيكة (Lattice) الأيونية[87،88].

اما في حالة المواد العازلة كالسيراميك والبوليمر تنتقل الطاقة الحرارية بواسطة الفونونات (Phonons) يقصد بها كمية ذات طاقة معينة (Quanta) من الموجات المرنة كالموجات الصوتية. وان اليه الانتقال في الفلزات تكون عند اكتساب الإلكترونات والأيونات طاقة حركية (Kinetic Energy) طاقة حرارية نتيجة تسخين منطقة من المادة تجعلها تهاجر (Immigrate) من المنطقة الساخنة إلى المنطقة الباردة، وبعض من هذه الطاقة تنتقل إلى الذرات التي بدورها تولد اهتزازات ذات سعات مختلفة وبالتالي توليد الفونونات التي لا تساهم بشكل اساسي في نقل الطاقة الحرارية لوجود الإلكترونات الحرة التي تسبب إستطارتها (Scatter) التي تؤدي الى ارتفاع التوصيلية الحرارية عند زيادة تركيز الإلكترونات الحرة التي قد تقل طاقتها في الفلزات بفعل العناصر المضافة التي ستعمل على عرقلة حركة الإلكترونات مما يقود إلى استطارتها. وفي العوازل التي تفتقر للإلكترونات تكون عملية انتقال الطاقة غير سريعة كما هو الحال في الفلزات ويعود السبب في ذلك الى الفونونات ناتجة من امتصاص الطاقة من قبل الذرة (Atom) ثم انبعاث الطاقة من هذه الذرة مؤديا الى اختلاف الترددات أثناء عملية النقل أي بمعنى اخر إستطارة الفونونات. ومن العوامل المؤثرة في التوصيلية لهذه المواد هي التبلورية (Crystallization) والمسامية (Porosity) الموجودة بشكل كبير في السيراميك ومن قوة الاواصر ودرجة التبلور كما في المواد البوليمرية [87،88،89] .

❖ طرائق قياس التوصيلية الحرارية

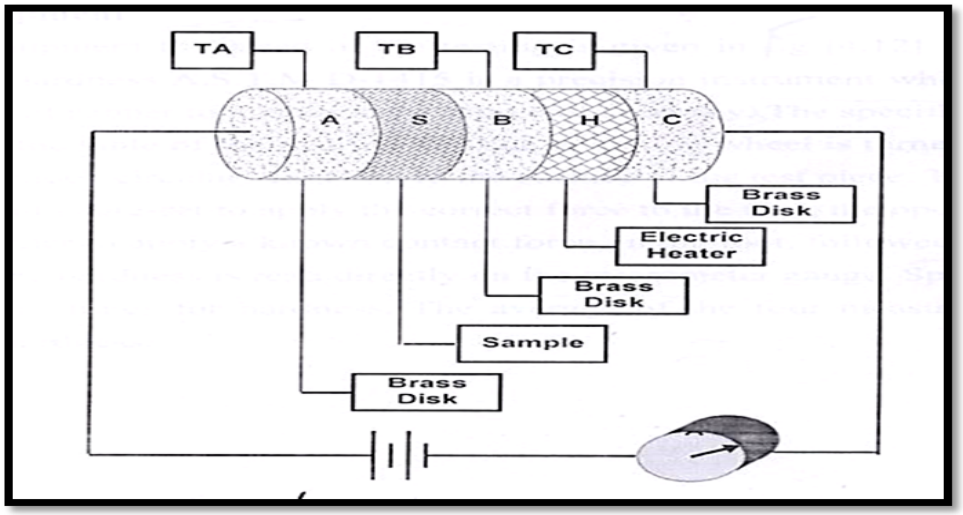
Methods for Measure Thermal Conductivity

تختلف طرائق قياس التوصيلية الحرارية (K) بالاعتماد على نوع المادة سواء أكانت موصلة ام رديئة التوصيل كالاتي[62،85,87]:

1- تقاس التوصيلية الحرارية للمواد جيدة التوصيل كالنحاس، والالمنيوم، والحديد وغيرها باستعمال طريقة سيرل (Searle's) مبدأ القياس بتطبيق قانون فورير.

2- تقاس التوصيلية الحرارية للمواد رديئة التوصيل المتمثلة (البوليمر، السيراميك) من خلال طريقة قرص لي (Lee's Disc). التي اعتمدت في الدراسة الحالية، اذ يوضع النموذج (S) بين قرصين مصنوعين من النحاس (B,A) ويمس القرص (B) المسخن الكهربائي (Heater) (H) الموصول إلى مصدر تنظيم قدرة (Power Supply)، ثم يليه القرص (C) ويكون انتقال الطاقة الحرارية المتولدة

من المسخن عبر القرص (B) إلى القرص (A) من خلال عينة المادة المتمثلة بالقرص (S) وكما موضح في الشكل (2-10) [62،90].



الشكل(2-9)مخطط جهاز قرص لي لقياس التوصيلية الحرارية[62].

تكون عينة الفحص على شكل قرص دائري وذلك للحصول على جريان طاقة خلالها بمعدل معين من دون حدوث اختلاف كبير في تغيير درجة الحرارة (ΔT)، اثناء التوازن بالطاقة عندما يكون معدل جريان الطاقة الداخلية يساوي معدل جريان الطاقة الخارجية وتبعا لذلك تحسب قيمة التوصيلية الحرارية من خلال العلاقات الاتية [90,62] :-

$$\mathbf{K\,[(T_B-T_A)\,/\,ds] = e\,\{\,T_A + 2/r\,(d_A + I\,/4d_s)\,T_A + 1/2r\,ds\,T_B\,\}\ldots\ldots(7\text{-}2)}$$

اذ ان:

(e): تمثل كمية الطاقة الحرارية المارة عبر وحدة مساحة القرص لكل ثانية ($W/m^2.K$) وتحسب من العلاقة الاتية [62،85،90]:

$$\mathbf{IV = \pi r^2 e\,(T_A+T_B) + 2\pi.re\,[d_A\,T_A + ds\,1/2\,(T_A+T_B) + d_B\,T_B + d_C\,T_C]..(8\text{-}2)}$$

اذ ان:

(K) : التوصيلية الحرارية بوحدات (W/m.K)

(T_C, T_B, T_A): تمثل درجات حرارة الاقراص (C,B,A)على التوالي بوحدة (°C).

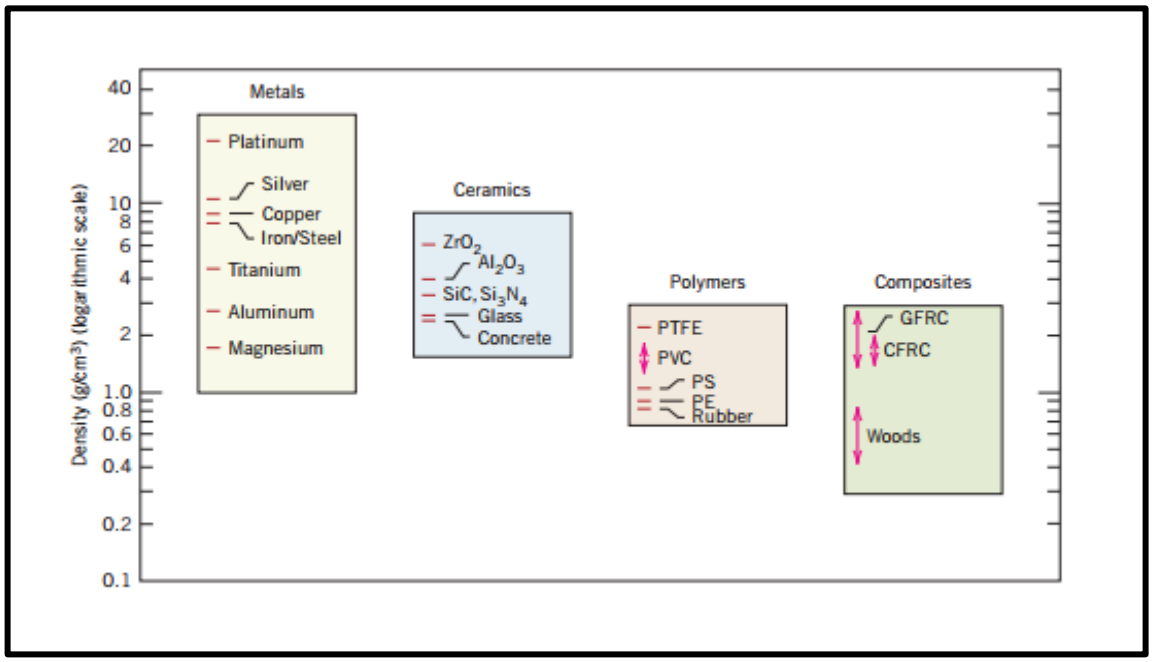
(d_C ,d_B, d_A) : سمك الاقراص (C,B,A) على التوالي بوحدة (mm).

(ds) : سمك العينة بوحدة (mm) . (r): نصف قطر القرص (mm).

(I) : التيار المار بالملف (Ampere). (V) : فرق الجهد على طرفي الملف (Volt).

(4-7-2) قياس الكثافة الحجمية Bulk Density Measurement

تعد الكثافة من احدى الخواص الفيزيائية المهمة للمادة المتراكبة، التي يتم ايجادها بشكل مباشر من علاقة الكتلة الى الحجم علما بان وحداتها هي (gm/cm^3) الشكل (2-11) يبين بعض قيم الكثافة لأربعة انواع من المواد فقط [34،91]. وتعد من الخواص المهمة لعلاقتها في تحديد الصفات الحراري لان قابلية التوصيل الحراري تزداد مع زيادة الكثافة، فضلا عن تأثر كلا من المسامية والامتصاصية فان زيادة التقارب والتلاصق بين الحبيبات تؤدي الى تناقص وجود الفجوات الفراغية والمسامات، مما يسبب انخفاض قابلية المادة على نفاذية السوائل والغازات. وكذلك تتأثر الكثافة بالتركيب الكيميائي والمعدني للمادة. ان كثافة المادة تعتمد بالدرجة الاساس على عدد وحجم المسامات (Pores) الموجودة في البنية الداخلية للمادة الصلبة[92]، كما ان الية قياس الكثافة تتم تبعا الى طبيعة المادة الصلبة من حيث المسامية و قابلية الغطس او باستعمال قاعدة ارخميدس التي تطبق على النماذج التي يتم غمرها بشكل تام بالماء او المحاليل كما هو الحال في المواد السيراميكية [93]. او بواسطة طريقة الابعاد من خلال تسجيل ابعاد عينات المادة المطلوبة ثم توزن قبل عملية الغمر ليتم حسابها بقوانين الكثافة المعروفة، وتتم هذه الطريقة على المواد غير قابلة للغطس، اذ يتعذر غمرها بشكل تام بالسوائل كالخشب الطبيعي او البلاستيكي.



الشكل (2-10) مخطط توضيحي لبعض قيم الكثافة لنماذج من المواد المتمثلة بالمعادن والسيراميك والبوليمرات والمواد المتراكبة [34].

(2- 7-5) قابلية الامتصاص لمتراكبات الخشب البلاستيكي

Absorbability of Plastic Wood Composites

إن ظاهرة نفاذية الماء او المحاليل الى داخل بنية المواد البوليمرية ومتراكباتها تتم من خلال واحدة من الميكانيكيات الرئيسة تعرف بالانتشار (Diffusion)، اذ يحدث الانتشار المباشر لجزيئات الماء الى داخل المادة الاساس للمتراكب ومنها الى مواد التدعيم [94،41].كما يعرف مصطلح الامتصاصية بأنه الوصف للاختراق الاولي والانتشار لجزيئات السائل المتغلغلة في داخل المادة الاساس البوليمرية. ان كمية السائل المنتشر تعتمد على طبيعة ونوعية كل من البوليمر والسائل فضلا عن ظروف الاختبار المتضمنة درجة حرارة وعامل الرطوبة. كما توجد ميكانيكيات وتقنيات اخرى لظاهرة النفاذية مثل الانتقال بالخاصية الشعرية (Capillarity)التي تحدث من خلال الانتشار في طور السطح البيني للمادة المتراكبة البوليمرية عند حركة جريان جزيئات السائل على طول منطقة السطح البيني ما بين مادة التدعيم والمادة الاساس. والانتقال بوساطة الشقوق الدقيقة جدا (Microcracks) التي تصبح فعالة فقط عندما يحدث التحطم للمواد المتراكبة عند جريان وخزن السائل في الشقوق الذي ينتج بفعل تأثيرات الظروف الخدمية او المحيطة. أن بعض انواع البوليمرات تمتلك مقاومة عالية لتأثيرات المحاليل الكيميائية والرطوبة لذلك تستعمل بصورة واسعة في صناعة الانابيب و الحاويات الحافظة لأنها تمتص الرطوبة بنسبة قليلة جداً مقارنة مع غيرها من المواد المعدنية او السيراميكية، وفي المقابل توجد انواع بوليميرية تتعرض للانتفاخ والتلين كالنايلون يكون مقاوم للقواعد والمذيبات الكيميائية العضوية ولكن عندما يتعرض الى تأثير الحوامض الضعيفة يتحلل قليلا و يتأثر بشكل كبير بالحوامض القوية[96,95,85]. تقنية التفاعلات الحاصلة ما بين المواد المتراكبة ذات الاساس البوليمري والسوائل وكذلك البخار المحيط يتم في ثلاث مراحل هي:

1. **المرحلة الاولى:** تتمثل بالميكانيكيات الطبيعية عند حدوث عملية النفاذية وكل ما يتعلق بها من عمليات الانتقال والانتشار للماء و المحاليل الكيميائية.

2. **المرحلة الثانية:** تتضمن دراسة كل التغيرات الحاصلة في ابعاد عينات المادة التي قد تنتفخ (Swell) مع تولد الاجهادات الداخلية بمقدار معين التي تتطور في المادة.

3. **المرحلة الثالثة:** تتمثل هذه المرحلة بحدوث التلف والتدهور (Deterioration) في الخواص والمميزات الاصلية للمادة الذي يعزا غالبا الى اختراق الرطوبة [97,95,40].

(1-5-7-2) ميكانيكية الانتشار Diffusion Mechanism

يحدث الانتشار فيزيائيا عندما تكون جزيئات المادة في حالاتها الثلاث (الصلبة، والسائلة، والغازية) في وضع حركي مستمر الذي يحدث بواسطة الحركة العشوائية للذرات في المواد من المنطقة عالية التركيز الى المنطقة واطئة التركيز، اذ ان الجزيئة المنفردة المتحركة يمكن وصفها بالحركة العشوائية (Random Motion) ويوصف هذا السلوك بواسطة قانون فك الاول للانتشار (Fick's First Law of Diffusion) في الحالة المستقرة التي يكون فيها تركيز المادة لا يتغير مع الزمن. ويعد القانون الاساسي للانتشار ينص على ان معدل انتشار ذرات المادة في الوسط يمكن قياسه بعملية التدفق وهو تركيز الذرات المنتشرة عبر وحدة المساحة في وحدة الزمن [40،96،97]:-

$$F_X = -D_x \frac{dc}{dx} \qquad \text{.....(9-2)}$$

علما ان :-

(F_X): تدفق الجزيئات (Flux of Molecules) الذي يمثل عدد الجسيمات المنتشرة باتجاه تدرج التركيز(C) في الثانية لوحدة المساحة ويقاس بوحدات ($atoms.m^{-2}.sec^{-1}$).

($\frac{dc}{dx}$): تدرج التركيز بوحدات ($atoms.m^{-3}$).

(D_x) : معامل الانتشار (Diffusion Coefficient) ويقاس بوحدات (m^2/sec). والذي يعتمد على عدة عوامل منها :

1. نوع المادة الاساس ومادة التدعيم التي يحدث فيها الانتشار.
2. طبيعة نوع الانتشار.
3. التركيز ومعامل لزوجة ونوعية السائل الذي يستعمل (معتدل، حامضي، قاعدي).
4. التغير في درجة الحرارة المصاحبة لحدوث عملية الانتشار.
5. زمن غمر العينة في السائل [40,95].

ويمكن حساب معامل الانتشار باستعمال قانون فك الثاني (Fick's Second Law) [40,96]:

$$D_x = \pi\left(\frac{kt.b}{4M\infty}\right)^2 \qquad \text{.....(10-2)}$$

(K_t) : ميل الجزء الخطي من منحنى رسم العلاقة بين الربح بالكتلة مع الجذر التربيعي للزمن .

(b) : سمك النموذج (mm).

(M_∞):المحتوى المائي عند الوصول الى حالة الإشباع (أي اقصى قيمة من الربح للكتلة).

الفصل الثالث

الجزء العملي

(1-3) المقدمة Introduction

يتطرق هذا الفصل الى الجانب العملي من الدراسة متضمناً ما يلي:

1. تعريف المواد المستعملة في تحضيرمتراكب الخشب البلاستيكي، والذي يتكون من المادة الاساس (Matrix)، ومواد التدعيم (Reinforcing Materials)، والمضافات (Additives)، مع ذكر بعض خواصها ومميزاتها وبيان اهميتها ضمن المادة المتراكبة.
2. الية تحضير نماذج الخشب البلاستيكي باستعمال ماكنة البثق، وكيفية تقطيع العينات مع عرض المخططات التوضيحية لهذه العمليات وبعض الصور لها، التي تشير إلى المعلومات الخاصة بالأجهزة المستعملة للاختبارات في هذه الدراسة من حيث عملها، ونوعها، وجهة تصنيعها فضلا عن الأشكال التخطيطية والصور الفوتوغرافية.

(2-3) المواد المستعملة Materials Used

إن الكلام عن المواد المستعملة في هذه الدراسة سيتركز بالدرجة الرئيسية على ما يلي :-

1. المكونات الداخلة في تحضير متراكب خشب المخلفات (المتبقيات)الزراعية البلاستيكي بالاعتماد على البوليمر كمادة اساس مع وجود نسب محددة من عوامل تحسين النوعية.

2. حجم وشكل المخلفات الزراعية (Agricultural Wastes). وهذا يعني اننا نحتاج في عملية تحضير المتراكبات خشب البولي بروبلين البلاستيكي الى عجائن بلاستيكية بقوام تسهل عملية قولبته (اي بمعنى تكون نسب المخلفات الدقائقية الزراعية فيها مقبولة) لتسهيل اجرائها على الوجه الاكمل.

(1-2-3) المادة الاساس Matrix Material

إن المادة الاساس التي تم استعمالها في تحضير نماذج المتراكب الخشبي البلاستيكي هي بولي بروبلين(Polypropylene) المنتج من شركة سابك السعودية لصناعة البتروكيمياويات بشكل حبيبات بيضاء شفافة عديمة الرائحة، وبمواصفات موضحة في الجدول (3-1)والشكل (3-1) يمثل صورة حبيبات البولي بروبلين التجاري الذي يعد احد البوليمرات المطاوعة للحرارة (Thermoplastic)، ويكون البوليمر المستعمل منخفض الكثافة كي تتم عملية قولبة عجينته بالحرارة والضغط باستعمال ماكنة البثق بدرجة حرارة (250°C).

جدول (3-1) يوضح بعض المواصفات الفيزيائية للبولي بروبلين التجاري المستعمل في الدراسة

Property	Value
Chemical formula	$(C_3H_6)_n$
Density	0.905 gm.cm^{-3}
Glass Transition Temp. T_g	-20 ^oC (-4 ^oF)
Melting Point . P_m	160 ^oC (320 ^oF)
Thermal Coefficient of Expansion	100 - 150 x 10^{-6}
Max. Continued Use Temperature	80 ^oC (176 ^oF)

الشكل (3-1) صورة حبيبات البولي بروبلين التجاري المستعمل في الدراسة.

(3-2-2) مواد التدعيم Reinforcement Materials

استعمل في هذه الدراسة بعض المخلفات الزراعية كمواد تدعيم سليلوزية، التي تم جمعها من مناطق مختلفة في محافظتي بغداد وديالى بسبب وفرتها بكثرة لكون انتاجيتها عالية وسهولة الحصول عليها والتي تضمنت الانواع الاتية :-

1. **اتبان الحنطة (Wheat Hays)** اسمها العلمي (Triticum Aestivum) [98] المتكونة من القشور، والسيقان المتبقية بعد الحصد بواسطة الآت الحصاد المعروفة التي تم الحصول عليها من مزارع خان بني سعد في ديالى .

2. **قشور الشعير (Barley Husks)** اسمها العلمي(Hordium Sativum) [98] الذي تم الحصول عليها من مزارع اليوسفية في جنوب بغداد.
3. **قشور الرز (Rice Husks)** اسمها العلمي(Oryza Sativum) [98]الذي تم الحصول عليها من شركة الشروق للحبوب غرب بغداد، بعد ان تم تهيئتها بواسطة مكائن الهباشات الموجودة في الشركة التي ذكرت انفا .
4. **عباد الشمس (Sun Flower)** اسمها العلمي (Helian Annuus)[98] التي تقسم الى قسمين الاول الزهرة (القرص) المفرغة من بذورها والقسم الثاني السيقان، وتم الحصول عليهما من مزارع في جنوب بغداد .

عموما لقد اجري عليها بعد جمعها التعريض للجو للتخلص من الرطوبة ومن ثم طحنها باستعمال مطحنة كهربائية وبعدها تتم عملية غربلة المادة المطحونة باستعمال المنخل اليدوي (Sieve) بالحجم الدقائقي المراد الحصول عليه وكما موضح بالشكل (3-2).

الشكل(3-2) صور المتبقيات الزراعية المستعملة قبل وبعد عملية الطحن .

(3-2-3) مضافات تحسين النوعية Agents Improve Quality

1- **سترات الخارصين (Zinc Stearate) :-** مسحوق ذو لون ابيض تقريبا، عديم الرائحة صيغته الكيميائية[$Zn(C_{18}H_{35}O_2)_2$] ، درجة انصاره(130ºC)، وكثافته ($1.095g/cm^3$) مسحوق سترات الزنك غير منحل في الماء و الكحوليات لكنه ينحل في بعض المذيبات العضوية كالبنزين .ويتم استعمال المسحوق كمزلق(Lubricant)، اذ يزيد من عملية انسياب المنتوج داخل مكائن الحقن او البثق وعدم التصاق المنتج في داخل تجاويفها اذ تضاف بنسبة (1%) وعلاوة على ذلك تضفي لمعانا وسطحا صقيلا للمنتج النهائي .

2- **المادة النافخة او النافشة (Blowing Material):-** هي مادة على شكل مسحوق ابيض اللون، من نوع (Tracel NC155) المنتج من شركة (Tarmaco GmbH) الالمانية، وهذه المادة لها القدرة على إنتاج التركيب الخلوي للبوليمر سواء كانت بمفردها أو بارتباطها مع مواد أخرى عند انتاجه، اذ تكون إما بشكل مادة صلبة مذابة تخلف الفجوات عندما تتحرر او عوامل كيميائية تتفاعل او تتحلل تحت تأثير الحرارة اذ تتحلل بدرجة حرارة ºC (135-220) من أهم المميزات البارزة للخلطات البوليمرية هي انخفاض الكتلة وتحسين العزل للحرارة والصوت. وتضاف الى الخلطة المتراكبة بنسب وزنية (15,10,7,5,3,0)%.

3- **المادة الرابطة السيلانية (Silane Coupling Agent):-** هي مادة سائلة عديمة اللون، وذات رائحة نفاذة مكونة من مركبات السيليكون العضوية، ان نوع المادة الرابطة المستعملة في هذه الدراسة **(**ثنائي الميثيل ثنائي كلوروسيلاني) (Dimethyldichlorosilane) صيغتها الكيميائية **[**$Si(CH_3)_2Cl)_2$**]**، درجة انصارها (70°C)، اذ تعمل هذه المادة على تكوين روابط كيميائية بين البوليمر ومواد التقوية اذ تنتزع ذرة السيلكون عند ارتباطها بمواد التقوية (الحشوة) مجموعة هيدروكسيل (OH) لترتبط محلها المجاميع العضوية الفعالة بالراتنج بعملية تعرف بالترابط التشابكي. واضيفت الى الخلطة المتراكبة بنسب وزنية (2-4-6)%.

4- **مضادات الاكسدة (Antioxidants):-** هي حبيبات عديم اللون، وصيغتها الكيميائية ($C_{21}H_{26}O_3$) التي تعمل كمثبتات ضوئية لتقليل تأثير الاشعة على البولي أوليفينات الصناعية التي تشمل منتجاتها كل من البولي بروبلين و البولي إيثلين وغيرها، والمضادات المستعملة في هذه الدراسة من نوع (Trastab UV10IM) المنتج من شركة (Tarmaco GmbH) الالمانية وتضاف هذه المادة بنسبة (2-5)% من الخلطة المتراكبة .

5- **كحول الايثانول (Ethanol Alcohol):-** مركب كيميائي عضوي صيغته الكيمائية (C_2H_5OH)، يكون بشكل سائل عديم اللون، قابل للتطاير. عراقي المنشأ منتج من قبل شركة

(الغدير)، اذ يعمل كمذيب يمتزج مع المادة الرابطة السيلانية ولتخفيفها حتى تسهل عملية خلطها وامتزاجها مع الحشوة (Filler) وتكون الكمية المضافة (75ml) لكل خلطة متراكبة .

(3-3) نسب الاضافة Addition Ratio

تم تصنيع المتراكبات البوليمرية بنسب وزنية مقدارها (60%) بالنسبة للمادة الاساس البوليميرية، وبنسبة وزنية (40%) لمواد التقوية ومواد تحسين النوعية معا وتم ذلك بالاعتماد على المعادلات التالية [40]:

$$\psi = \frac{w_f}{w_c} \times 100\% \quad \text{..... (1-3)}$$

$$w_c = w_f + w_m \quad \text{..... (2-3)}$$

اذ أن:

ψ =الكسر الوزني لمادة التدعيم في المادة المتراكبة.

w_c, w_m, w_f = كتلة المادة المتراكبة والمادة الاساس والحشوة على التوالي.

(4-3) تقنية تحضير نماذج متراكب الخشب البلاستيكي

Technique Preparing Models of Plastic Wood Composite

تتم عملية التحضير في هذه الدراسة على ثلاثة مراحل هي :-

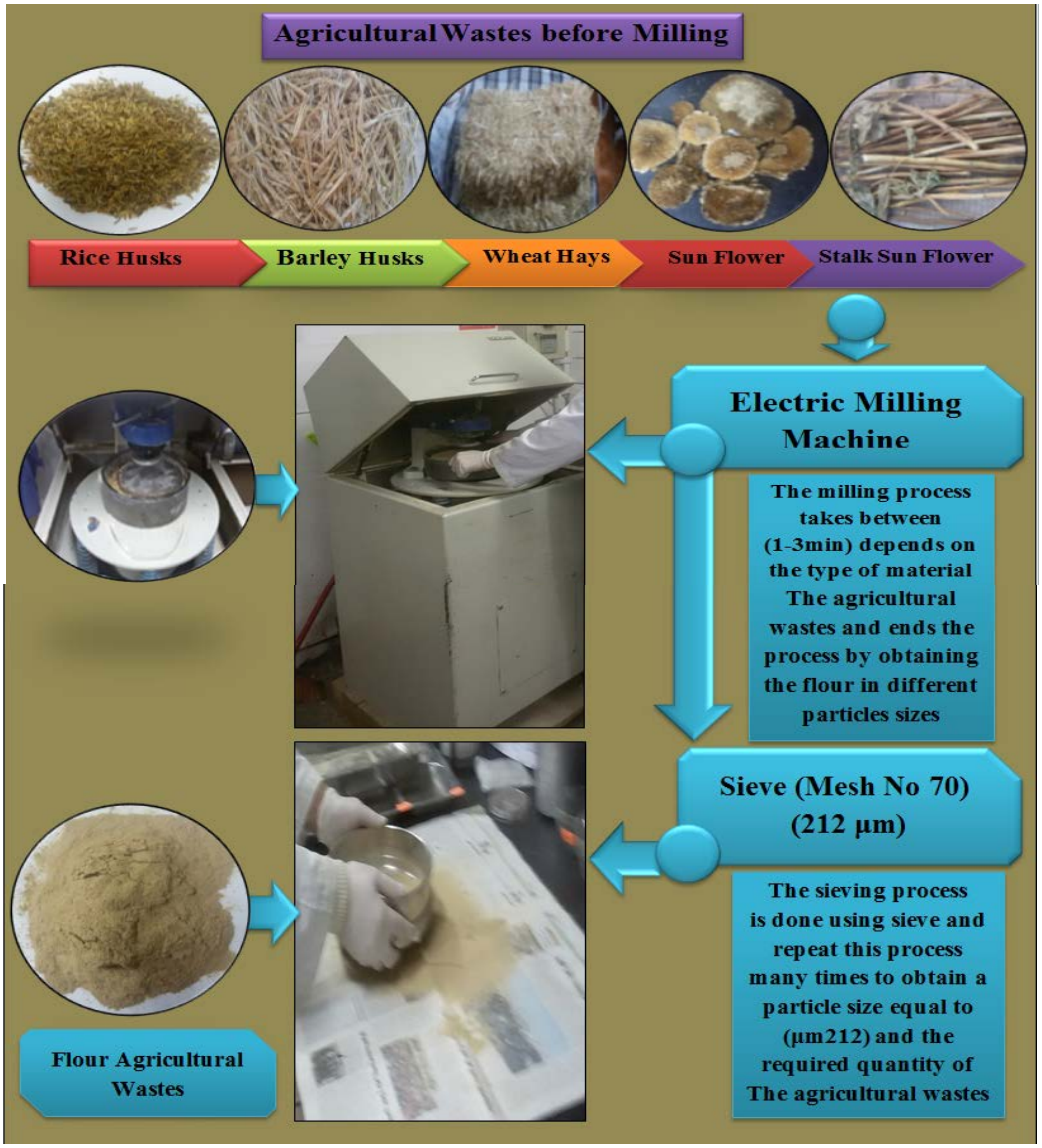
(1-4-3) مرحلة تهيئة مسحوق المخلفات الزراعية

Stage Configure of Flour Agricultural Waste

تتضمن هذه المرحلة عملية جمع المتبقيات الزراعية المراد استعمالها وتشمل :-

1. اتبان الحنطة المتكونة من قشور، وسيقان نبات الحنطة. يتم استخلاصها باستعمال الآت الحصاد المعروفة .
2. قشور الشعير، وقشور الرز .
3. عباد الشمس المتضمنة اقراص (الزهرة)، وسيقانها التي يجري عليها عملية التعريض للجو لتجفف والتقليل من نسبة الرطوبة فيها ومن ثم نقوم بتقطيعها يدويا الى الحجم المناسب لعملية الطحن، اذ يتم طحن هذه المواد باستعمال جهاز الطحن الكهربائي (الطاحونة) من نوع (Rocklabs) امريكية المنشأ، المتكون من وعاء

اسطواني يحتوي على قرصين يتم وضع المادة المراد طحنها بينهما، ثم يتم اغلاق الوعاء ويثبت بشكل محكم على محرك اهتزازي داخل الطاحونة الكهربائية. بعدها تبدأ عملية الطحن التي تستغرق مدة تتراوح min(1-3) اذ تعتمد على نوع المادة المستعملة من المتبقيات الزراعية وتنتهي هذه العملية بالحصول على المسحوق بأحجام حبيبية متفاوتة. وبعد اتمام عملية الطحن يصبح المسحوق جاهزا لعملية الغربلة وذلك باستعمال منخل يدوي (Sieve) ذي حجم حبيبي (Mesh No70) ما يساوي(212µm) وتكرار هذه العملية عدة مرات للحصول على مسحوق كل المخلفات الزراعية وبالكميات المطلوبة كما موضح في الشكل (3-3).



الشكل (3-3) مخطط تفصيلي عن عملية طحن المخلفات الزراعية وتحويلها الى مسحوق بحجم دقائقي (212µm).

(3-4-2) مرحلة تحضير الخلطات المتراكبة البوليمرية

Preparation Stage of Polymeric Composite Mixtures

تبدأ مرحلة خلط المواد الداخلة المطلوب في تحضير متراكبات الخشب البلاستيكي بعد الحصول على مسحوق ناعم للمتبقيات الزراعية المستعملة بالحجم الحبيبي، التي تتجلى بالخطوات الاتية :

اولا / يتم تحديد الكميات الوزنية للمواد الداخلة في الخلطة من المسحوق، وسترات الزنك، والمادة النافخة او مضادات الاكسدة كلاً حسب نسبته باستعمال ميزان رقمي نوع (Kern PFB) من خلال تحقيق النسب الوزنية للكمية المطلوبة .

ثانياً / تهيئة المادة الرابطة السيلانية و بقياسات وزنية معينة، لتبدأ عملية خلطها بسرعة مع (75ml) من كحول الايثانول في وعاء زجاجي وبفترة زمنية لا تتجاوز الدقيقة الواحدة بغية منع تطاير الكحول، ثم تتم اضافة هذا الخليط السيلاني على كمية المسحوق والمواد المضافة المحضرة مسبقا وبالكميات الوزنية المعينة التي تتناسب مع كسرها الوزني في كل خلطة لتبدا عملية الخلط بشكل جيد ليمنع تكون التكتلات او تجمع المادة من خلال غمرها جيدا ثم تترك الخلطة بدرجة حرارة المختبر ^{o}C (20±2) لمدة (24h). ثم تبدا عملية التجفيف باستعمال الفرن الصندوقي الكهربائي نوع (Heraeus) الماني المنشأ بدرجة حرارة مقدارها($80^{o}C$) توضع الخلطة في الفرن ولمدة ساعتين مع التقليب المستمر بغية التخلص من الرطوبة وبقايا الكحول بشكل نهائي لتتكون لدينا مادة التدعيم المطلوبة وبالكسر الوزني المحدد وهو (40%) التي سرعان ما يتم خلطها مع بولي بروبلين بكسر وزني مقداره (60%) باستعمال دورق مخروطي الشكل، اذ يتم رجه بقوة وسرعة للحصول على خلط جيد ومتجانس وعندئذ تصبح الخلطة المتراكبة البوليمرية جاهزة للقولبة كما مبين في الشكل (3-4).

الشكل (3-4) مخطط توضيحي عن مراحل عملية معاملة مسحوق المخلفات الزراعية بالمادة الرابطة السيلانية (Dimethyldichlorsilane).

(3-4-3) مرحلة القولبة بالبثق Extrusion molding stage

تتم هذه المرحلة ضمن خطوات اساسية وكالاتي :

اولاً/ ان عملية التشكيل بالبثق تعتبر من العمليات المثالية والواسعة الانتشار في تصنيع الاشكال البلاستكية عالية الجودة. إذ اعتمدت هذه الدراسة على استعمال ماكنة البثق مزدوجة البريمة (Screw Twin) من نوع (Brabender)امريكية المنشأ موضحة في الشكل (3-5)،لكون هذه الطريقة من القولبة تتناسب مع نوع البوليمر المستعمل، التي تم توضيحها في الفصل السابق. اذ تتكون بشكل رئيسي من خزان يستعمل لتغذية الماكنة بالمادة المراد تحضيرها الذي يسمى قادوس التغذية مرتبطا مع البريمة المزدوجة التي تحاط بأسطوانة عليها مجموعة من السخانات الكهربائية والتي تنتهي بفوهة الباثقة .

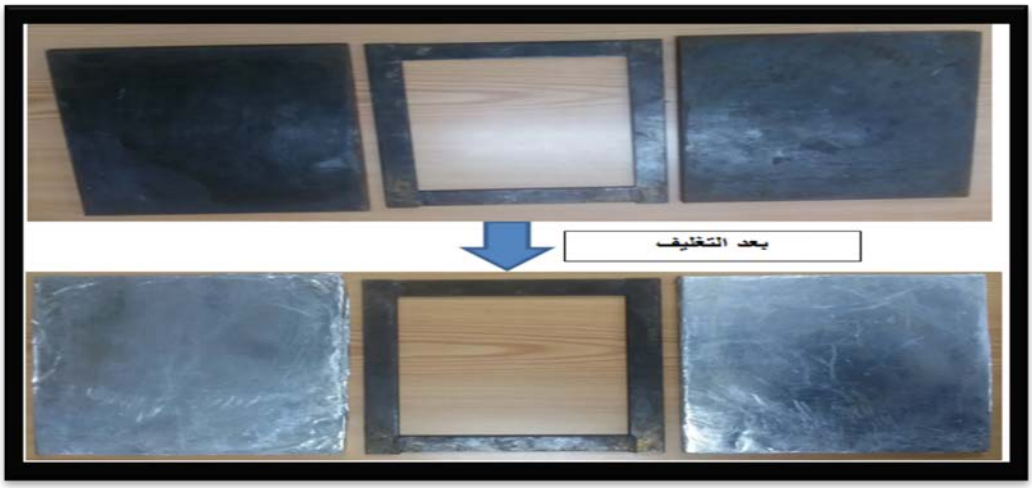
الشكل (3-5) صورة لماكنة البثق المستعملة

بعد اتمام عملية تشغيل الباثقة وبلوغ درجة حرارتها الى (250^oC) والتأكد من ان ماء التبريد يدور خلال الاسطوانة تحت قادوس التغذية من اجل الحصول على التوازن (الثبات) الحراري فيها. عندئذ تبدأ عملية البثق بملء القادوس المغذي بالخليط البوليمري المتراكب المعد مسبقا، اذ ينزل على البريمة المزدوجة التي تتحرك بحركة دورانية محورية وبسرعة ثابتة داخل الاسطوانة مما يجعل المادة تندفع الى الامام مصحوبة بارتفاع درجة حرارتها تدريجيا بواسطة كل من السخانات الكهربائية التي تسخن الى درجة الحرارة المحددة والحرارة الناجمة من احتكاك الخليط مع البريمة وجدار الاسطوانة، علاوة على ذلك يحدث مزج وتجانس بين مكونات الخليط المنصهرة الذي يمر بثلاث مناطق هي منطقة التغذية، والانضغاط، والقياس حتى ينتهي بوصوله الى

فتحة (فوهة) البثق، اذ يخرج الخليط المتراكب البوليمري المنصهر منها بدرجة لزوجة مناسبة، وجاهز لعملية القولبة بالكبس وكما موضح في الشكل (3-6). ويكون المتراكب المنصهر مصحوب بالأبخرة الضارة الناجمة من العملية ولها رائحة حادة وتسبب هذه الابخرة بعدة فترات تراكمية طويلة للعاملين في هذا المجال اثار سلبية على صحتهم.

الشكل (3-6) صورة البولي بروبلين ومتراكباته المنصهرة من فوهة الباثقة.

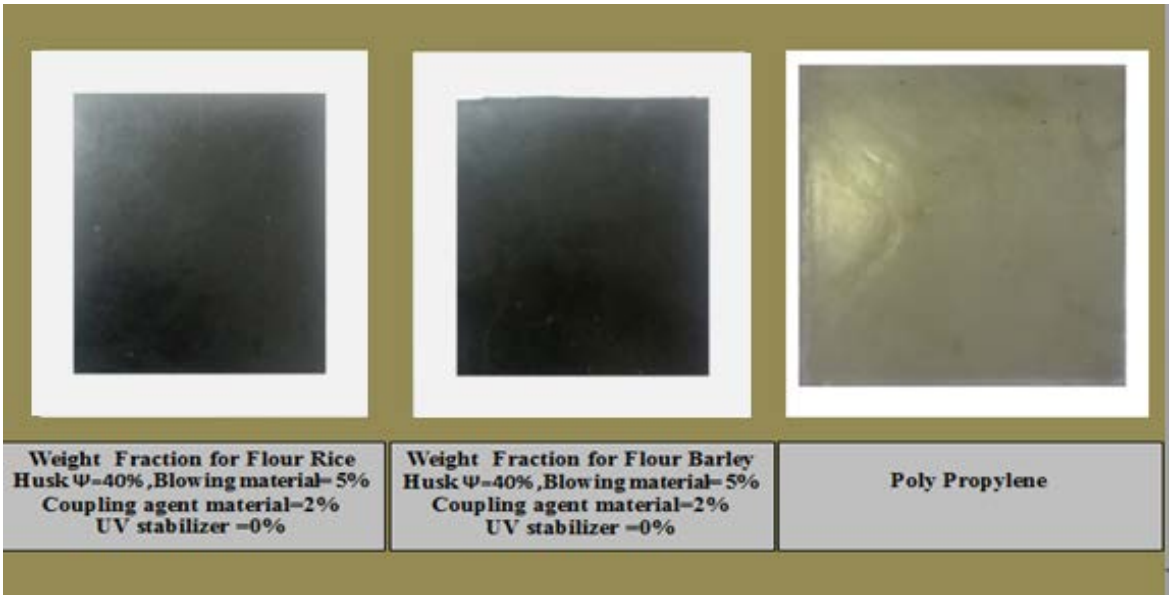
ثانيا/ تبدأ عملية الكبس من خلال تهيئة القالب المعدني الذي يتألف من لوحين مستويين من الحديد المغلون واطار مستطيل الشكل يعطي نموذجا ابعاده $(20\times15\times0.4)cm^3$، تجري عملية تنظيف دقيقة للقالب قبل تغليف اللوحين بورق السلوفان المصنوع من الالمنيوم الذي يتحمل درجات حرارة عالية مع تعديله بشكل جيد لتلافي تشوه سطوح المصبوبات، ولضمان عدم التصاق النماذج على القالب بعد التصلب في الشكل(3-7).



الشكل (3-7) يبين القالب المعدني قبل وبعد التغليف.

بعدها يتم تسخين القالب باستعمال جهاز تسخين (Heater)، ثم يملئ بالخليط المنصهرة من فوهة الباثقة وسرعان ما يتم اغلاقه ووضعه تحت ضغط المكبس الهيدروليكي اليدوي (نصف الالي) عراقي المنشأ الموضح بالشكل (3-8). وبضغط مسلط (5 Ton) ولفترة زمنية كافية لحين اكتمال عملية التصلب، بعدها يتم تبريد القالب بالماء لاستخراج المصبوبات المتراكبة منه والتي بينت في الشكل (3-9)والجدول(3-2).

الشكل(3-8) صورة فوتوغرافية للمكبس النصف الي اثناء عملية الكبس.



الشكل(3-9) صور لبعض نماذج من خشب متراكبات البولي بروبلين المدعم بالمخلفات الزراعية البلاستيكي المحضرة في هذه الدراسة .

الجدول (3-2) مكونات مصبوبات خشب متراكبات البولي بروبلين المدعم بالمخلفات الزراعية البلاستيكي المحضرة في هذه الدراسة .

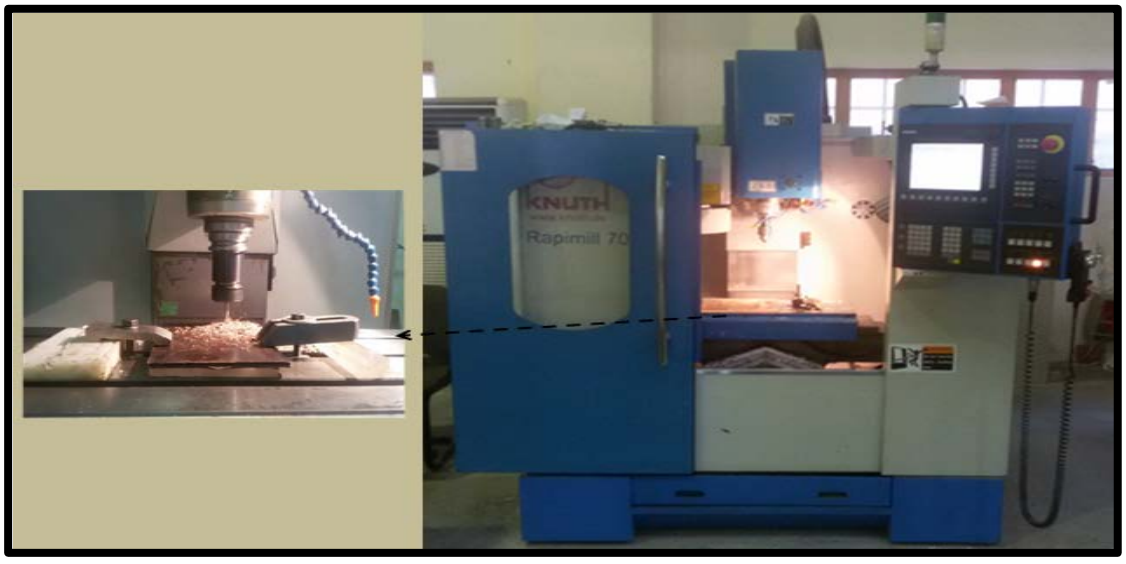
المجموعة	مواد التدعيم	مواد تحسين النوعية	النسب المضافة	عدد المصبوبات
المجموعة الاولى	اتبان الحنطة	المادة الرابطة السيلانية المادة النافخة	6,4,2,0% 5%	4
		المادة الرابطة السيلانية المادة النافخة	2% 15,10,7,5,3,0%	6
		المادة الرابطة السيلانية مضادات الاكسدة	2% 5,2,0%	3
المجموعة الثانية	قشور الشعير	المادة الرابطة السيلانية المادة النافخة	2% 5%	1
	قشور الرز	المادة الرابطة السيلانية المادة النافخة	2% 5%	1
	زهرة عباد الشمس	المادة الرابطة السيلانية المادة النافخة	2% 5%	1
	سيقان عباد الشمس	المادة الرابطة السيلانية المادة النافخة	2% 5%	1
المجموعة الثالثة	20% اتبان الحنطة 20%قشور الشعير	المادة الرابطة السيلانية المادة النافخة	2% 5%	1
	20%اتبان الحنطة 20%قشور الرز	المادة الرابطة السيلانية المادة النافخة	2% 5%	1
	20% اتبان الحنطة 20%زهرة عباد الشمس	المادة الرابطة السيلانية المادة النافخة	2% 5%	1
	20% اتبان الحنطة 20%سيقان عباد الشمس	المادة الرابطة السيلانية المادة النافخة	2% 5%	1
المجموعة الرابعة	10%اتبان الحنطة 10%قشور الشعير 10%قشور الرز 10%سيقان عباد الشمس	المادة الرابطة السيلانية المادة النافخة	2% 5%	1

(5-3) تهيئة العينات والاجهزة المعدة للاختبارات
Preparation of Samples and Testing Equipment

(1-5-3) تهيئة العينات Preparation of Samples

تحضر العينات حسب الابعاد القياسية اللازمة للاختبارات بتقنية تقطيع حديثة بدلا من الوسائل التقليدية القديمة المستعملة في التقطيع التي تكون اما بالمنشار اليدوي او الكهربائي المعروف (بماكنة الكوسرة)، اذ غالبا ما تكون العينات الناتجة منها ذات تشوهات وعيوب وبدقة اقل.

ومن اجل تلافي هذه العيوب تم في هذه الدراسة استعمال تقنية التقطيع ذات ضبط و دقة عالية لغرض الحصول على الابعاد الصحيحة المتطابقة مع المواصفات القياسية (ASTM,ISO). اذ تم التقطيع بماكنة التقطيع (CNC)الذي هو اختصار الى (Computer Numerical Control)اي بمعنى الماكنات الرقمية المزودة بالحاسوب وهو نوع من انواع ماكنات الخراطة والتفريز التي يتم التحكم فيها عن طريق الحاسوب لأداء عمليات التقطيع المطلوبة، التي تتألف من ثلاثة اجزاء رئيسية هي الجزء الميكانيكي المتمثل بالماكنة وادواتها، والجزء الالكتروني المتمثل بدائرة الربط بين الماكنة والحاسوب، والجزء الثالث الحاسوب الرقمي كما موضح في الشكل (3-10).



الشكل (3-10) ماكنة (CNC) المستعملة.

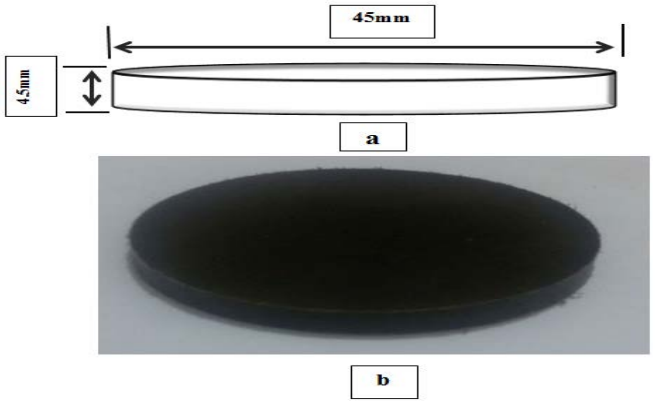
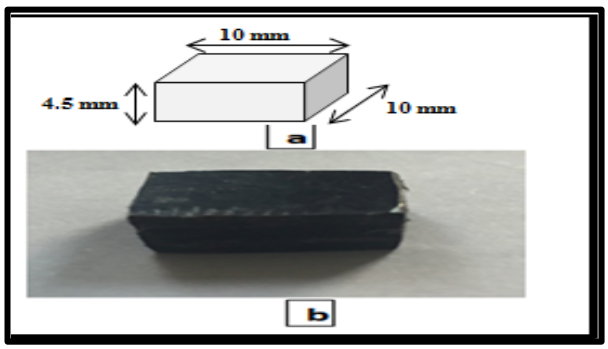
ولغرض تقطيع العينات يقوم فني البرمجة باتباع الخطوات الاتية:-

1- يقوم بتثبيت المصبوبات المتراكبة على الطاولة الافقية باستعمال مساند مثبتة التي يتم التحكم بحركتها من خلال جهاز التحكم (Controller).

2- يقوم باختيار اداة القطع المناسبة التي هي عبارة عن بريمة حادة ذات قطر صغير (4mm) ويثبتها بالجزء العمودي للماكنة الذي يتحرك بجميع الاتجاهات بواسطة الحاسوب الرقمي .

3- يحدد برنامج التشغيل من خلال الحاسوب الرقمي الذي يحتوي على مجموعة من الارقام والحروف والاشارات الخاصة، اذ يقوم بإدخال البرنامج المطلوب لتحديد مسارات اداة تقطيع العينات لكي تقوم وحدة التحكم بترجمتها الى اشارات كهربائية تنتقل الى محركات الماكنة. ينفذ امر برنامج التشغيل لتقوم الماكنة بالحركات المطلوب للحصول على العينات بالأبعاد المطلوبة التي كانت بالنسبة لهذه الدراسة عينات دائرية الشكل ذات قطر (45mm) وبسمك (4.5mm) وعينات متوازية المستطيلات بأبعاد (4.5×10×10)mm كما مبين في الجدول (3-3) .

الجدول (3-3) a- الابعاد الهندسية للعينة b-صورة فوتوغرافية للعينة

نوع الاختبار	الابعاد القياسية للعينات	النظام القياسي
1. اختبار البلى 2. اختبار الصلادة 3. اختبار التوصيلية الحرارية 4. اختبار الكثافة الحجمية		
5.اختبار الامتصاصية		ASTM-D570

(2-5-3) الاجهزة المستعملة Instrument Used

اعتمدت في هذه الدراسة عدة اختبارات سنتناول اجهزة قياسها كما يلي :

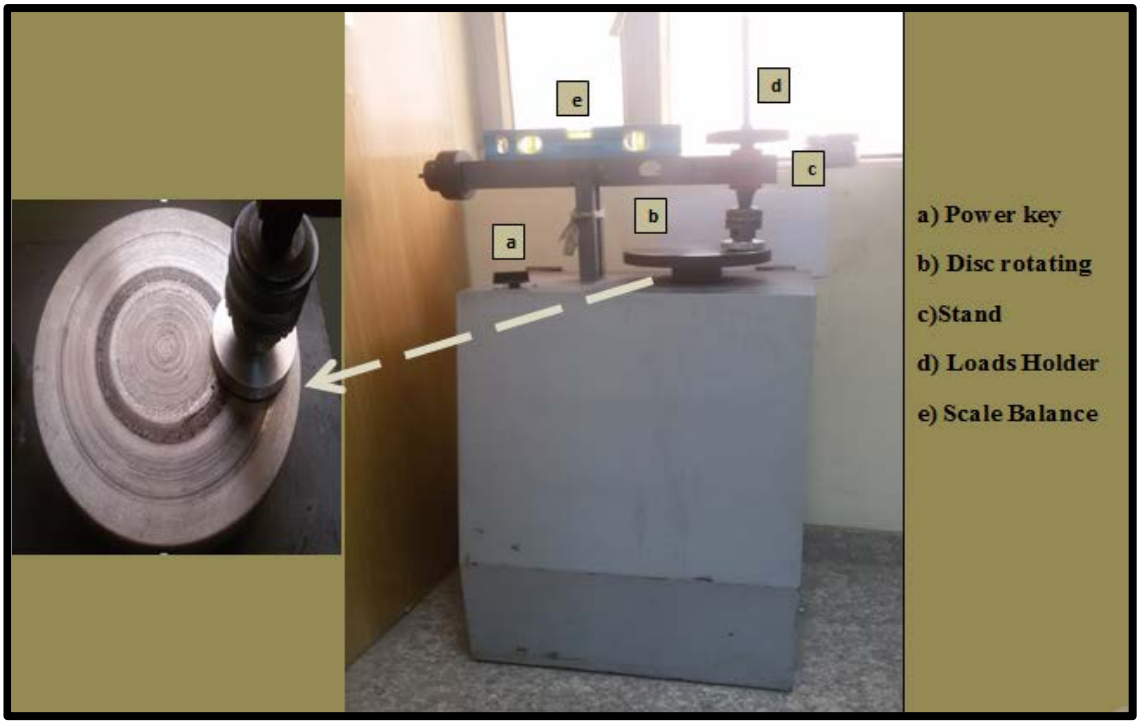
(1-2-5-3)جهاز قياس الصلادة Hardness Measure Instrument

اجري اختبار الصلادة باستعمال جهاز(Durometer Hardness TH210) ذي نوع (Shore- D) المصنع من شركة (Time Group INC) الايطالية كما موضح في الشكل (3-11). هو عبارة عن جهاز صغير يدوي، اذ يتم استعماله من خلال غرز اداة مدببة على شكل ابرة فولاذية قطر جزئها الوسطي يتراوح ما بين (1.1-1.4)mm وجزء راسي مدبب نصف قطرها صغير جدا لا يتجاوز (0.1mm) مما يجعلها تخترق سطح العينة نتيجة الضغط على الجهاز، ويجب ان يحدث تلامس بين سطح اداة الغرز مع سطح العينة بشكل تام بعدها تسجل قيمة الصلادة التي تظهر على شاشة الجهاز.

الشكل (3-11) صورة فوتوغرافية لجهاز قياس الصلادة(Shore -D)

(2-2-5-3) جهاز قياس البلى Wear Measure Instrument

تم استعمال جهاز قياس البلى الانزلاقي عراقي المنشأ يتكون من محرك كهربائي يرتبط به قرص فولاذي دوار ذي سرعة ثابتة قدرها (500 دورة/ دقيقة) وذراع افقي متصل فيه ماسك حديدي مثبت عموديا في نهايته العليا اثقال وفي نهايته السفلى حامل العينة الذي يثبت العينة كما موضح بالشكل (3-12).



الشكل (3-12) صورة لجهاز قياس البلى

❖ قياس معدل البلى Measurement of Wear Rate

هنالك عدة طرائق لقياس معدل البلى وفي هذه الدراسة تم اتباع الطريقة الوزنية (Weighting Method) التي تم توضيحها في الفصل السابق، اذ تتضمن حساب فقدان الكتلة الحاصل بالعينة قبل وبعد الاختبار التي يمكن ايضاحها بالخطوات التالية :

1. يتم اولا معاملة سطح العينة المراد اختبارها بورق تنعيم بدرجة (1000µm)لضمان ادنى حد من النعومة بما يكفل اداء الاختبار بشكل ملائم .
2. ايجاد كتلة العينة قبل التشغيل باستعمال الميزان الالكتروني ثم تثبيتها في الحامل الذي يثبت بدوره في الماسك مع وضع الماسك على مسافة الانزلاق المحددة .
3. وضع الثقل المطلوب للاختبار مع مراعاة جعل الذراع بشكل افقي مستوية باستعمال ميزان التسوية .
4. تشغيل ساعة التوقيت مع الجهاز البلى في ان واحد لفترة زمنية محددة.
5. بعد انتهاء الفترة الزمنية يتم رفع الماسك ثم تنتزع العينة من الحامل ويتم ايجاد كتلة العينة ومن ثم يتم تحديد الفقدان بالكتلة باستعمال العلاقة (3-2) .

❖ **الالية المعتمدة في اختبار البلى**

Supported Mechanism in Wear Test

تكرر الخطوات المذكورة سابقا مع القيام بالمتغيرات التشغيلية التالية:-

1. تأثير معامل اسطح العينات بأوساط مختلفة اذ يتم الفحص من خلال ترطيب أسطح النماذج المعتمدة بتأثير ماء الاسالة (الاعتيادي) والسوائل الكيميائية المزلقة (المنظفات المنزلية) من ماء جافيل(القاصر)(Eau de Javel) الذي اسمه العلمي هيبوكلوريت الصوديوم (Sodium Hypochlorite) وسائل التنظيف (الزاهي) الذي اسمه العلمي سلفونات الصوديوم (Sodium Sulfonate) [99]ذات التراكيز المختلفة مع ثبوت جميع المتغيرات التشغيلية الاخرى.
2. تغير حمل الاثقال المسلط اذ اعتمدت اربعة اثقال هيN(20,15.10,5) .
3. تغير زمن الانزلاق الذي حدد بأربعة ازمان هي min(4,3,2,1).
4. تغير انصاف اقطار الانزلاق اذ اعتمدت اربعة انصاف هي cm(7,6,5,4) .
5. تغير نوع القرص الدوار بالاعتماد على ثلاثة اقراص مصنوعة من (الحديد، النحاس، الألمنيوم)
6. تغير طبيعة المادة المراد دراستها مع ثبات كل من الحمل المسلط بوزن (10N) وبزمن انزلاق (1min) مع نصف قطر انزلاق ثابت (7cm) .
7. تغير خشونة سطح العينة المجهزة للفحص من خلال استعمال ورق التنعيم (Grinding paper) بدرجات خشونة تتضمن µm(1200,1000,800,600).

علما انه تم اجراء جميع متغيرات التشغيل المذكورة اعلاه بدرجة حرارة ($20\pm2^{o}C$) .

(3-5-2-3) جهاز قياس التوصيلية الحرارية

Thermal Conductivity Measure Instrument

تم استعمال جهاز قرص لي (Less Disc) من نوع (TH210) المنتج من قبل شركة (Griffen and George) الموضح في الشكل (3-13) لحساب معامل التوصيل الحراري لعينات الخشب البلاستيكي المتراكبة، يتكون الجهاز من المسخن الحراري (H) وثلاثة اقراص مصنوعة من النحاس (A,B,C) ذات السمك(0.4cm) تحـــدد حـرارتـها (TA,TB,TC) من خلال استعمال المحارير الموضوعة داخلها، اذ توضع العينة المراد قياسها ما بين القرصين (A,B) وبعدها يتم تشغيل مجهز القدرة

بفولتية مقدارها (6Volt) وتيار مار خلال الدائرة الكهربائية (0.25A). لتبدأ عملية انتقال الحرارة من المسخن الموضوع بين القرصين (B,C) باتجاه القرص الذي يليه حتى تصل الى القرص الاخير مرورا بالعينة وبعد الوصول الى حالة الاتزان الحراري يتم تسجيل درجات حرارة المحارير لتستعمل في معادلتي (2-7)(2-8).

الشكل (3-13) منظومة قياس التوصيلية الحرارية

(3-2-5-4) قياس الكثافة الحجمية Bulk Density Measurement

تعرف الكثافة الحجمية على انها نسبة كتلة المادة الى حجمها الكلي .وقد تم قياسها من خلال قياس ابعاد عينات المتراكب التي كانت على شكل اسطواني الدائري (Circular Cylinder). ومن ثم تعيين كتلتها باستعمال الميزان الالكتروني الحساس من نوع (Aeadam) والذي يتحسس القراءات الى اربع مراتب عشرية (0.0001gm) والموضح صورته في الشكل (3-14). واستعملت العلاقة الاتية [94]:-

$$\text{Bulk Density(B.D)} = \frac{M\ (gm)}{V\ (cm^3)} \qquad \text{.....(3-3)}$$

اذ ان :-

(B.D):الكثافة الحجمية بوحدة (gm/cm^3).

(M):كتلة العينة بوحدة (gm)

(V): حجم العينة بوحدة (cm^3)

ومن ممكن ايجاد حجم العينة الأسطوانية من خلال المعادلة الاتية:

$$\text{Cylinder Volume (V)} = \pi r^2 \times h \quad \text{.....(4-3)}$$

(r)نصف القطر بوحدة (cm).

(h) الارتفاع بوحدة (cm).

ومن خلال ذلك تصبح المعادلة (4-2) بالشكل الاتي :-

$$(B.D) = \frac{M\ (gm)}{\pi r^2 \times h\ (cm^3)} \quad \text{.....(5-3)}$$

الشكل (3-14) الميزان الحساس المستعمل نوع (Aeadam).

(3-5-2-5)تقنية امتصاص الماء Water Absorption Technique

لأجراء هذا الجزء من الدراسة يتم اولا تقطيع المتراكب الخشبي البلاستيكي الى عينات صغيرة من المصبوبات المحضرة جميعها بشكل متوازي مستطيلات كما موضح في الجدول (3-2) ثم تحسب كتلة العينات المراد فحصها قبل الغمر باستعمال الميزان الحساس من نوع (Aeadam) المبينة صورته في الشكل (3-14). بعدها توضع العينات في قناني بلاستيكية مملؤة بثلاثة انواع من السوائل المختلفة وهي :-

1. ماء الاسالة (الاعتيادي)
2. ماء جافيل (القاصر)
3. سائل التنظيف (الزاهي)

علما انه تم تخفيف السوائل الكيميائية (المنظفات المنزلية) المستعملة بالماء لتكون بتركيز (14%) وتوضع العينات في هذه الاوساط لمدة (80) يوم وبدرجة حرارة الغرفة ($27\pm2^{o}C$) وكما موضح في الشكل (3-15). وبعد فترات زمنية محددة يتم اخراج العينات من القناني باستعمال ملقط خاص ثم تحسب كتلتها بعد تجفيفها جيداً من قطرات السائل، اذ يتم ملاحظة التغير الحاصل في كتلة العينات قبل وبعد الغمر.

تحسب النسبة المئوية للربح الحاصل بالكتلة (Weight Gain %) للعينات التي تم غمرها في الاوساط المختلفة التي تتضمن (الماء، والقاصر، والزاهي) من خلال استعمال المعادلة الاتية :

$$\textbf{Weight Gain} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad \% \quad \text{.....(6-3)}$$

اذ ان :-

M_1 : كتلة العينة قبل الغمر مقاسة بـوحدة (gm).

M_2: كتلة العينة بعد الغمر مقاسة بـوحدة (gm).

ويتم حساب معامل الانتشار (Diffusion Coefficient)(D) من العلاقة الموضحة (2-10).

الشكل (3-15) صورة لعينات الامتصاصية بتأثير (a)الماء الاعتيادي(b)سائل التنظيف (الزاهي) (c)ماء جافيل (القاصر)

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

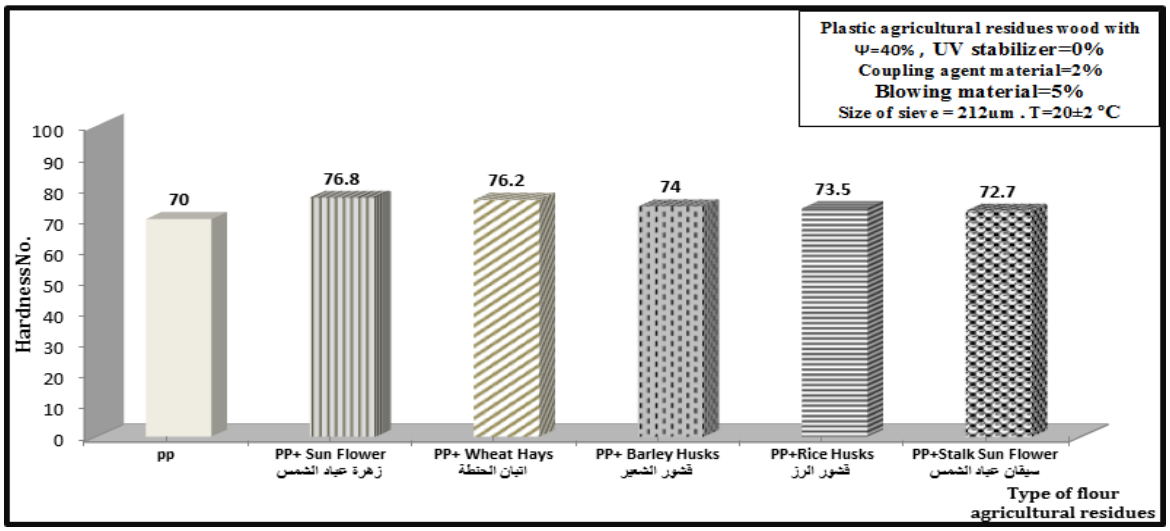
(1-4)المقدمة Introduction

يتضمن هذا الفصل كافة النتائج الخاصة بالاختبارات الميكانيكية المتمثلة (اختبار الصلادة السطحية، واختبار البلى وظروفه التشغيلية) فضلاً عن الاختبارات الفيزيائية (اختبار التوصيلية الحرارية، واختبار الكثافة الحجمية، واختبار امتصاصية متراكب الخشب البلاستيكي للماء والمنظفات المنزلية). كما تمت دراسة تأثير اضافة مواد تحسين النوعية والمتمثلة ب(المادة الرابطة السيلانية، والمادة النافخة، ومضادات الاكسدة) على نماذج متراكبات البولي بروبلين المدعم بمسحوق المخلفات الزراعية، مع مناقشة وتفسير نتائجها، وقد تم ايضاحها بالاشكال والمنحنيات البيانية لغرض التعرف على خواص المواد المتراكبة التي تحدد المسار العام لسلوك المادة.

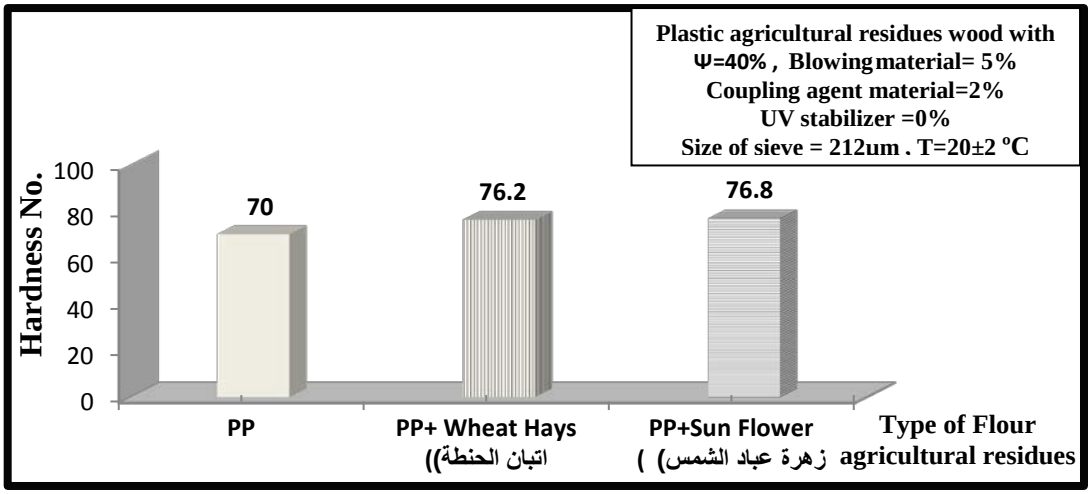
(2-4)اختبار الصلادة السطحية Surface Hardness Test

إن الهدف الرئيسي من اختبار الصلادة هو التعرف على متانة وتماسك سطح المادة، وقد تم إجراء اختبار الصلادة بطريقة (Shore D) وذلك باستعمال جهاز يحتوي على رأس مدبب صلد غير اتلافي لسهولة تغلغله في المادة المستعملة، وغالبا ما يؤدي الى تكوين اثر صغير لأداة الغرز على سطح العينة. لذلك تعاني المادة تشوها مرنا (Elastic) ثم يتبع بالتشوه اللدن (Plastic) [82].

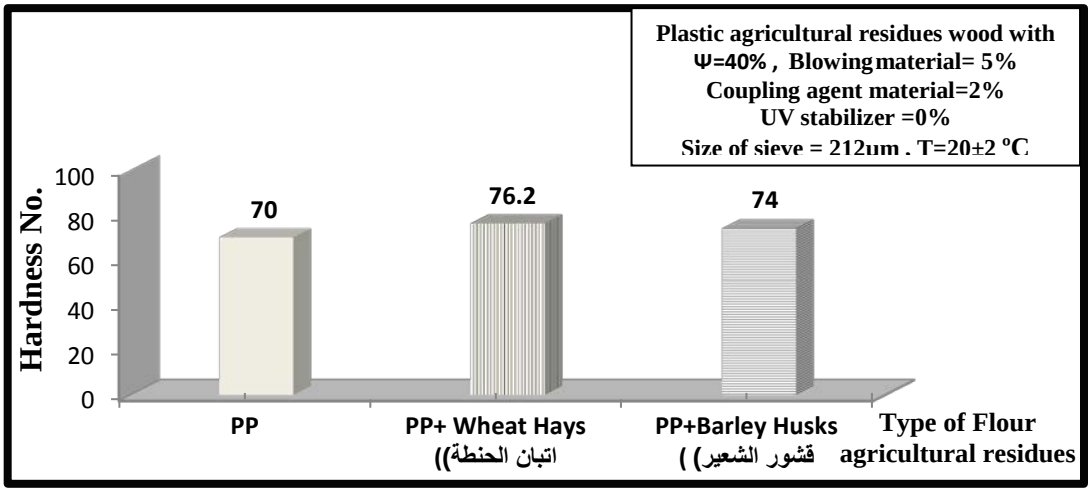
اظهرت نتائج الدراسة بأن هنالك زيادة في قيم الصلادة لبولي بروبلين التجاري (P.P Pure) عند التدعيم بنوع واحد او نوعين من مساحيق المخلفات الزراعية المستعملة، أي ان عملية التدعيم قد رفعت من قيم الصلادة للمتراكبات بالمقارنة مع صلادة البولي بروبلين قبل التدعيم التي بلغت (70) على مقياس (Shore D)، فنلاحظ عند التدعيم بنوع واحد فان اعلى رقما للصلادة في الظروف المختبرية كانت لنماذج المواد المتراكبة المدعمة بمسحوق زهرة عباد الشمس (P.P+ Sun Flower) بمقدار (76.8)، ثم تبعتها المادة المضاف اليها مسحوق اتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays) التي بلغت (76.2)، وامتلك النموذج المدعم بمسحوق سيقان عباد الشمس (P.P+ Stalk Sun Flower) اقل قيم الصلادة للمواد المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المساحيق المخلفات الزراعية المستعملة بمقدار(72.7) كما في الشكل (4-1). كما تم مقارنة نماذج المواد المتراكبة المدعمة بمسحوق اتبان نبات الحنطة المتكونة من (السيقان، والقشور) مع النماذج المدعمة بالمساحيق الاخرى وذلك لأهمية نبات الحنطة الاستراتيجية الذي يعد العراق من اول مراكز النشوء الاصلية لها وتتوفر فيه عوامل نجاح زراعته وفرة المحصول ومخلفاته وسهولة الحصول عليها فضلاً عن الخصائص المميزة التي اعطتها متراكبات هذا النوع [100,9]. كما موضح في الاشكال(A2-4)(B2-4)(C2-4)(D2-4).



الشكل (4-1) التغير في قيم الصلادة(Shore-D) لجميع النماذج البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المستعملة.

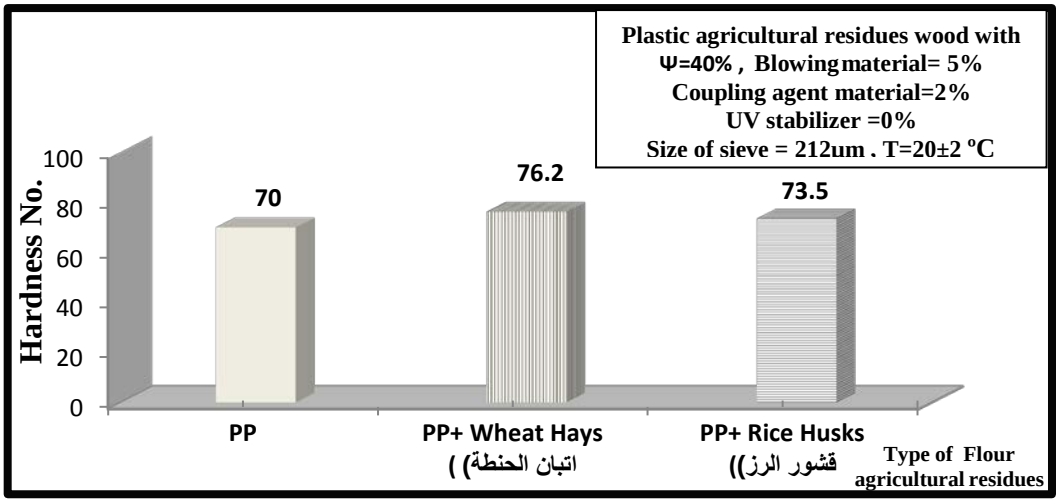


الشكل (A2-4)

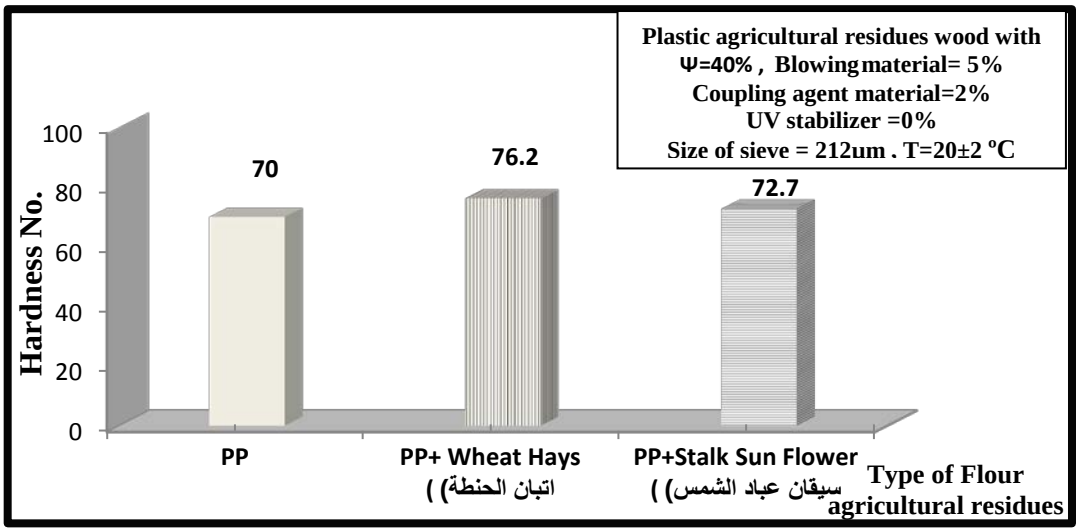


الشكل (B2-4)

الاشكال (A2-4)(B2-4) تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على الصلادة لمتراكبات المخلفات الزراعية ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays).



الشكل (C2-4)



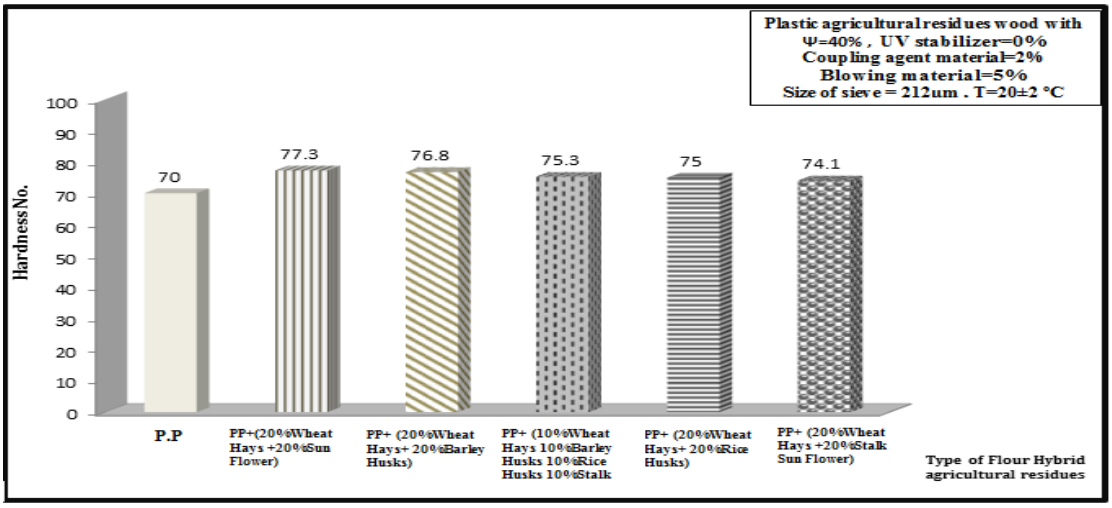
الشكل (D2-4)

الاشكال(C2-4)(D2-4) تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على الصلادة لمتراكبات المخلفات الزراعية ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays).

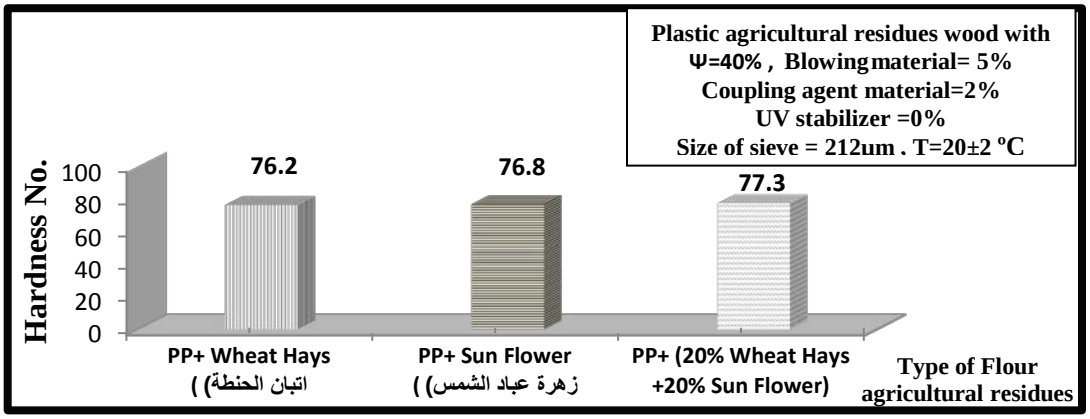
ابدت المادة اعلى قيم صلادة عند التدعيم الهجين بنوعين من المساحيق وتم ذلك وفق النسبة الوزنية[20%اتبان نبات الحنطة (WH) +20%المخلفات الزراعية المستعملة الاخرى]، اذ تم الاعتماد على مخلفات(اتبان) نبات الحنطة كمادة تدعيم اساسية وذلك لمميزاتها التي ذكرت انفاً. وقد لوحظ ان اعلى قيم للصلادة عند المادة المتراكبة المدعمة [20% اتبان نبات الحنطة (WH)+ 20% زهرة عباد الشمس (SF)]تساوي (77.3)، اي حصل تحسن قليل عن ما كان في التدعيم بنوع واحد وان اقل صلادة كانت للمادة المتراكبة المدعمة ب [20%اتبان نبات الحنطة (WH)+ 20% سيقان عباد الشمس (SSF)]تساوي (74.1) كما في الشكل (4-3). وقد اجريت هنا مقارنة بين النماذج المصنعة من نوع واحد من المخلفات الزراعية المكونة للمتراكب وبين تلك المصنعة من نوعين معا،

وكما موضح بالأشكال(A4-4)(B4-4)(C4-4)(D4-4). كما تم تهجين جميع انواع المخلفات الزراعية الخمسة وبنسبة (10%) من كل مادة وتدعيمها للمتراكب البلاستيكي كما في الشكل (4-5).

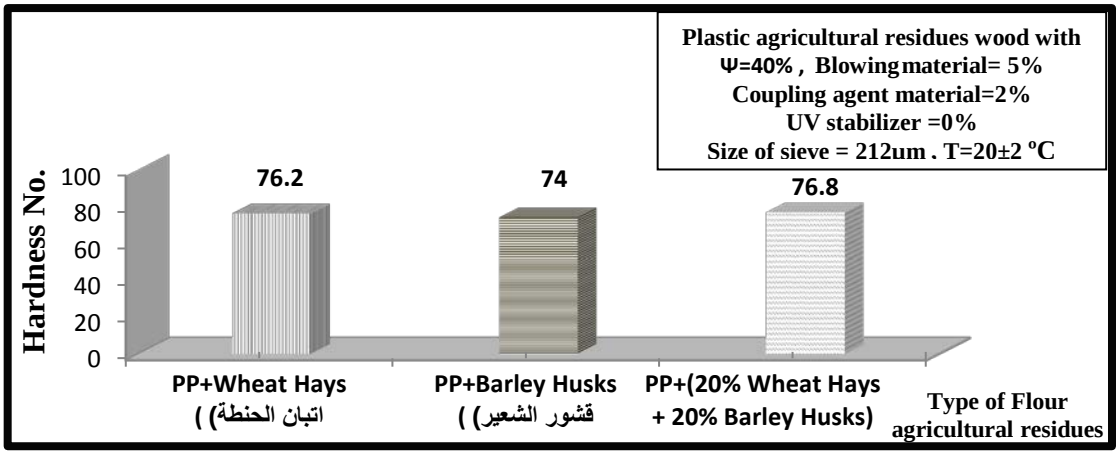
إن هذه النتائج التي تحصلنا عليها من التدعيم الفردي والهجين يمكن تفسيرها على إن الدور الأساسي لدقائق المساحيق الذي يمكن وصفه عن طريق التفاعل بين سطح البوليمر والدقائق المدعمة فتولد ترابطاً بين المادة الأساس والدقائق مما يعطي زيادة في قوة الترابط الميكانيكي الفعال[101]، وهذا ما تحقق في التدعيم الذي اسهم فيه مسحوق المخلفات الزراعية المستعملة في زيادة المساحة المتفاعلة مع المادة الأساس مؤديا الى زيادة التشابك والتراص الذي يقلل من حركة جزيئاته وبالتالي زيادة مقاومته الخدش والقطع[102]، اي إن الاضافة الدقائقية أدت الى قلة في المرونة وزيادة في مقاومة السطح للاختراق، كما انها بطبيعتها متينة عند إدخالها في البوليمر مما يؤدي الى ازدياد قيم الصلادة. اذ ان السلوك الميكانيكي لهذه المواد يعتمد على المادة الاساس، والحشوة، والسطح البيني وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث (وسن مناتي)[40].



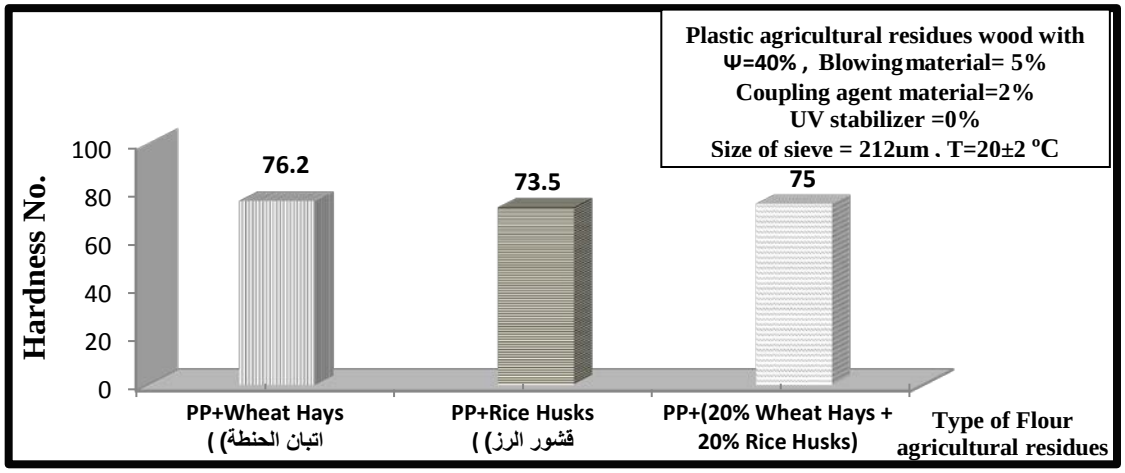
الشكل (4-3) التغير في قيم الصلادة(Shore-D) للمواد المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية المستعملة.



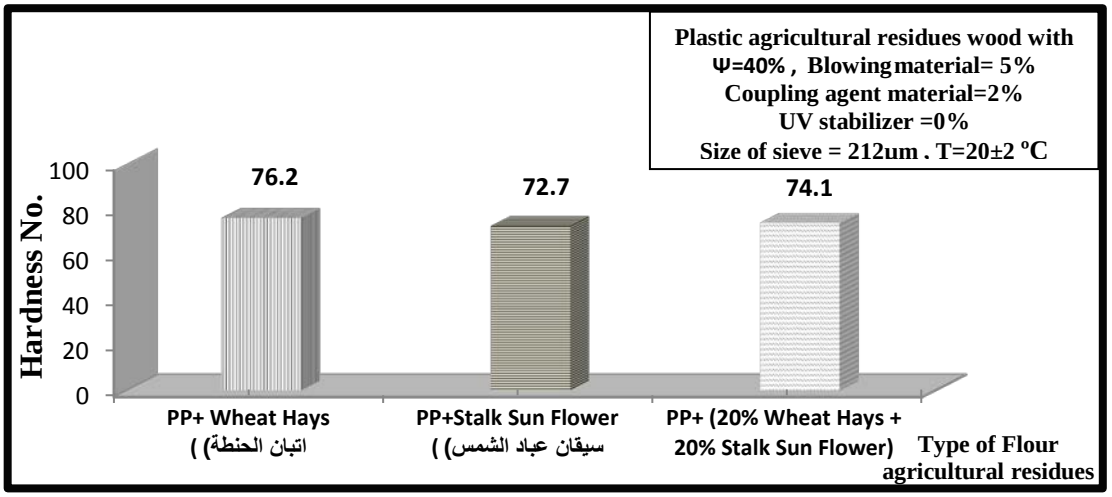
الشكل (A4-4) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع زهرة عباد الشمس على قيم الصلادة ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بأتبان الحنطة.



الشكل (B4-4)

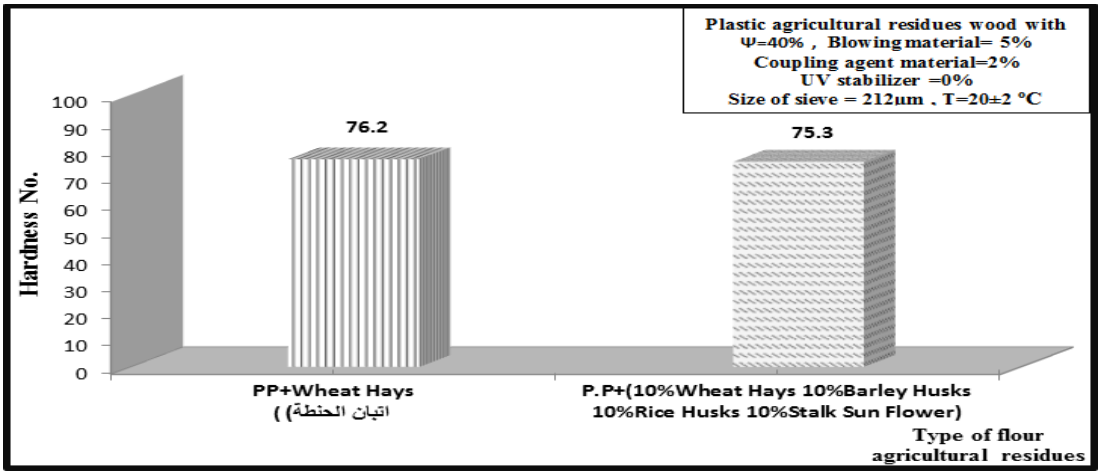


الشكل(C4-4)



الشكل (D4-4)

الاشكال (B4-4)(C4-4)(D4-4) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم الصلادة ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بأتبان الحنطة.

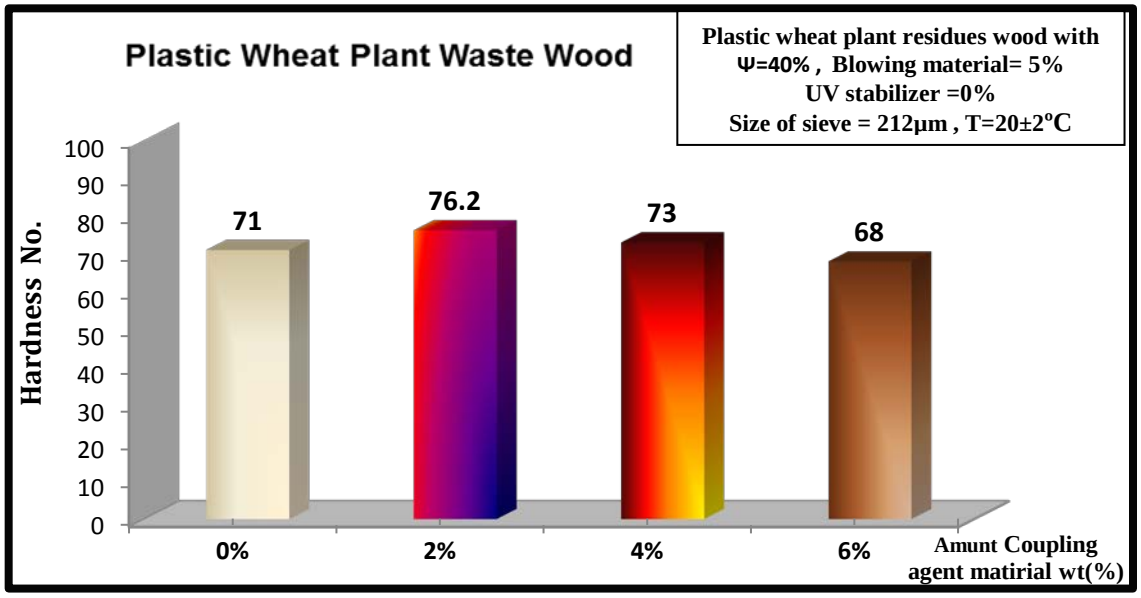


الشكل (4-5) تأثير الية التهجين عند التدعيم اربعة انواع من المخلفات الزراعية المستعملة على قيم الصلادة ومقارنتها بمتراكب أتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays).

يظهر تأثير دور المادة الرابطة السيلانية من نوع (ثنائي الميثيل ثنائي كلوروسيلان) على قيم الصلادة بشكل واضح في نتائج الدراسة، اذ ان كفاءة مسحوق اتبان الحنطة في تكوين جسور كيمائية مع مادة البولي بروبلين اثناء عملية التصليد (Hardening) والانضاج (Curing) يزداد مع معاملاتها بالمادة السيلانية في تسجيل اعلى صلادة سطحية لمتراكبات خشب الحنطة البلاستيكي مقارنة مع المادة غير المعاملة بالمادة السيلانية كما في الشكل(4-6). اذ تفوق النموذج ذي نسبة (2%) على النموذج ذي نسبة (4%) من المادة السيلانية ويعود السبب في اختلاف النماذج الى مقاومة الغرز الى تميز النموذج المعامل بالمادة السيلانية ارتفاع مستوى مقاومة الروابط البينية (السطح البيني)للتشوهات اللدنة في المناطق السطحية منها. وهذا ما توصل له الباحث(حسن طلال) [66].

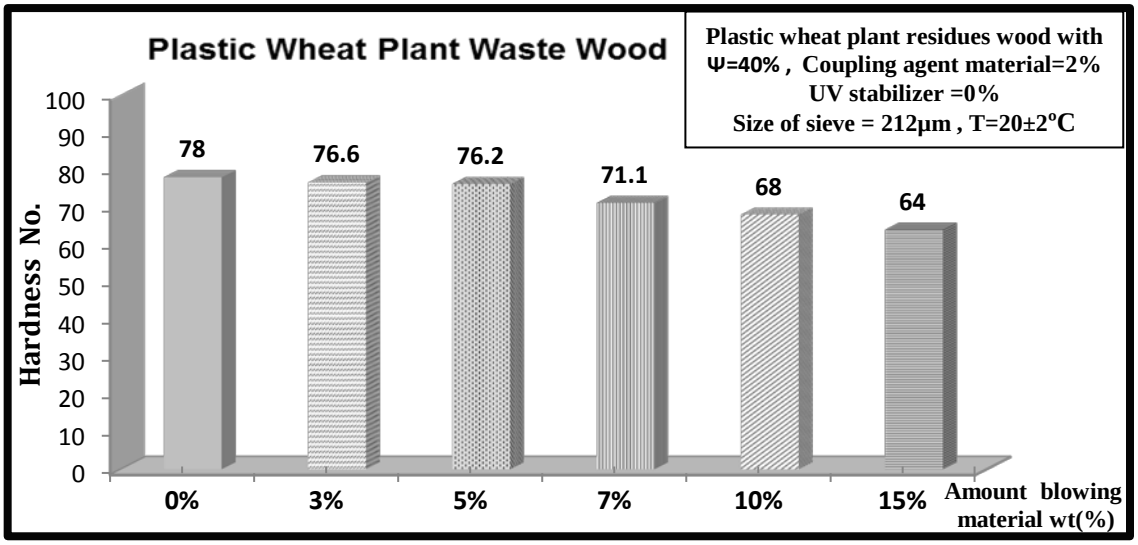
اما النسبة (4%) اعطت مؤشرا جيدا الى امكانية تحسين قوة الروابط البينية للمتراكبات الخشبية المحضرة الا ان المتراكبة ذات النسبة (2%) من المادة السيلانية بقيت الاكثر تفوقا من زيادة قوة الروابط البينية ما بين مواد التدعيم السيليلوزية ذات القطبية المختلفة عن مادة البولي بروبيلين في تحمل الجزء الاكبر من القوة التي تسلطها اداة غرز جهاز (Shore-D) على سطح الاخشاب البلاستيكية المحضرة[101]، الا ان الاستمرار في زيادة النسبة الى (6%) حسب قراءات الصلادة يؤدي الى خفض قيمتها وهذا يعد من الامور المهمة والمؤثرة في الية تحمل السطح للإجهادات الغرز. اذ ان الزيادة المفرطة في نسبة المادة السيلانية تؤدي الى تغلغل وانتشار المادة السيلانية في داخل مسحوق اتبان الحنطة وهذا الامر يشير الى حقيقة كون هذه النسبة اسهمت في ضعف عمل الالتصاق (Work of Adhesion) بين مواد التدعيم والبولي بروبيلين ذلك لان اغلب قطرات سائل الالتصاق السيلاني سوف تنتشر داخل دقائق مواد التدعيم بدلا من انتشارها على سطحها بشكل قطرات منكمشة تبلل او ترطيب المساحة السطحية الكبيرة لهذه الدقائق فقط، وبالتالي فان دخول السائل

السيلاني الى التراكيب الخشبية يزيد من حدوث التصدعات والتشققات الخشبية لمسحوق اتبان الحنطة، اذ سجلت الصلادة مع زيادة المادة السيلانية من (2%) الى (6%) انخفاضا في القيمة مقداره (8.2)على مقياس (Shore-D) [26,27].



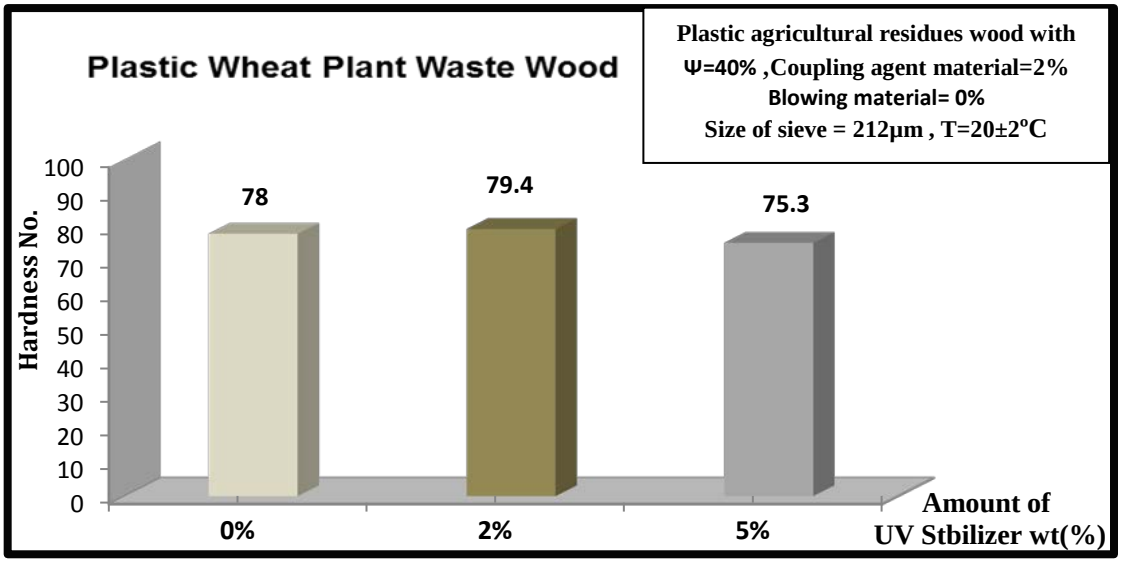
الشكل(4-6) تأثير تغير نسب المادة الرابطة السيلانية على الصلادة لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.

بينما وجود المادة النافخة نوع (Tracel NC 155) في متراكب خشب اتبان الحنطة البلاستيكي وكما يبين الشكل (4-7) نلاحظ ان كلما زادت اضافة النسب الوزنية للمادة النافخة ادى ذلك الى انخفاض قيم الصلادة، اذ وجد ان النموذج المتراكبة غير المعالج بهذه المادة يسجل اعلى رقما للصلادة بمقدار (78) عن المعالج بالمادة وذلك من خلال مقارنته مع القيم الحاصل عند نسب اضافة من (3%) الى (15%) تعطي بذلك قيم صلادة منخفضة تدريجيا من (76.6) الى (64)على مقياس (Shore-D). ويعزى السبب الى ان المادة النافخة تعمل على نشوء الفجوات اثناء عملية التحضير للنماذج الخشبية البلاستيكية بما يهيئ الفرصة للوقوع في نسبة تأثيرات زيادة حجم الفجوات مع رفع النسبة الوزنية لهذه المادة النافخة، وهذا يؤدي الى صعوبة تغلغل مادة الأساس بين دقائق المسحوق مما يقلل من قوة التلاصق الحاصلة بين سطحي مادة الأساس ودقائق مادة التدعيم وعليه فان عملية التبلل للسطوح الدقائقية عن طريق المادة الأساس قبل تصلبها ستكون غير تامة مما يخلق العديد من العيوب داخل المادة المتراكبة جاعلا الترابط بين المادة الأساس ومواد التقوية ضعيفا ولهذا تقل الكفاءة والمقاومة السطحية للمادة المتراكبة. اذ يبدو هذا التأثير في ضعف المنطقة البينية في جسم المتراكب المحضر مما يؤدي الى انخفاض قيم الصلادة [26].



الشكل(4-7) تأثير تغير نسب المادة النافخة على الصلادة لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.

اظهر هذا الاختبار ان اضافة مضادات الاكسدة (Trastab-UV10 IM) تلعب دورا مهما في تحسين الصلادة، اذ نلاحظ ارتفاع قيم الصلادة مقارنة مع القيم قبل اضافة المضادات الى متراكبات خشب المخلفات البلاستيكي وكما موضح في الشكل (4-8) اذ نجد ان اعلى رقم للصلادة كان عند نسبة اضافة (2%) من مضادات الاكسدة والذي يبلغ (79.4) وهو اعلى من صلادة المتراكب غير المعامل بالمادة بمقدار (1.4) ان تفسير ذلك يكمن في ان المواد المتراكبة ذات الاساس البوليمري تكون سريعة التأثر بالأشعة المحيطة وهذا بسبب بنية السلاسل الطويلة للبوليمرات التي تتكون من وزن جزيئي عالي الذي يتضمن الاف الوحدات من ذرات الكاربون، اي ان نسبة قليلة من الاشعة تحدث تغيرات كبيرة في الجزيئات البوليميرية وبالتالي تغير في معدل الوزن الجزيئي مما يسبب اختلال في السلاسل البوليميرية وقلة الترابط، لذا عند اضافة مضادات الاكسدة نلاحظ ان المادة تتحسن متانتها وخصائصها الميكانيكية. لذلك فان قيم الصلادة ترتفع وهذا ما جاءت به الباحثة (رغد حسين)[104]. كما تبين ان زيادة نسبة المضادات الى (5%) في متراكب البلاستيكي فان رقم الصلادة ينخفض الى (75.3)، اذ ان هذه النسبة الكبيرة ستتحد مع اواصر اخرى داخل المتراكب الخشبي البلاستيكي مما تسبب تكسير الأواصر ما بين السلاسل البوليمرية مكونة فجوات هوائية صغيرة جدا وهذا يؤدي إلى الهشاشية وتفكك المادة بصورة تدريجية بتأثير الأشعة الفوق البنفسجية التراكمية وبالنتيجة تغير بنية المتراكب الخشبي البلاستيكي مما يقلل من قيم الصلادة للمادة المتراكبة[27].



الشكل(4-8) تأثير تغير نسب مضادات الاكسدة على الصلادة لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.

(4-3) اختبار البلى Wear Test

يعد اختبار البلى احد اهم الاختبارات الميكانيكية السطحية في علم الترايبولوجيا التي يمكن اللجوء اليها في دراسة سلوك المواد المتراكبة الواقعة تحت تأثير قوى الاحتكاك لقياس مقاومة السطوح المتلاصقة عامودية تحت حركة انزلاقية نسبية، علاوة على ذلك فأن عمليات الاحتكاك والبلى تؤدي الى خسائر اقتصادية كبيرة في المواد الهندسية. بالرغم من ان البلى لا يحدث بشكل مفاجئ بل يمتاز بنقصان في الكفاءة تدريجيا او عدم حصول على الاداء المطلوب، اذ تبين ان لقوة الالتصاق (السطح البيني) بين مكونات متراكب الخشب البلاستيكي اثرا جليا في مقاومة هذه المواد للبلى [82,78].

لقد تم اجراء اختبار البلى باتباع الطريقة الوزنية على جميع النماذج المهيأة لهذا الغرض، اذ اظهرت النتائج ان هنالك تغيرا في قيم مقاومة البلى بالاعتماد على ظروف الاختبار المتضمنة كلا من المواد الداخلة في متراكب الخشبي البلاستيكي في الاوساط الجافة مرة وفي الاوساط الرطبة الممثلة بالمزلقات الكيميائية (المنظفات المنزلية) مرة اخرى، وتغيرات الظروف التشغيلية .

(4-3-1) دراسة تأثير طبيعة المواد المكونة والمضافة لمتراكب البلاستيكي على معدل البلى في الظروف الجافة

(4-3-1-1) تأثير التدعيم بمسحوق المخلفات الزراعية

Reinforcement Effect by Agricultural Waste Flour

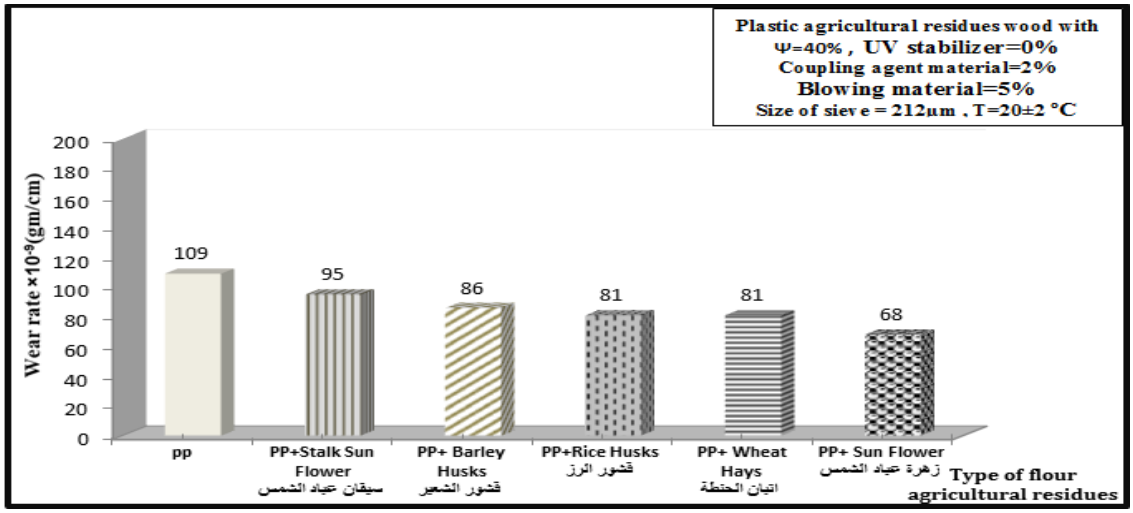
إن قيم معدلات البلى للمادة الاساس غير المدعمة بالدقائق التي هي (البولي بروبلين) تسجل اختلافاً كبيرا بلغ مقدار (109×10^{-9} (gm/cm))، وعند تدعيم المادة الاساس سواء أكان بنوع واحد أم تهجين نوعين من المخلفات الزراعية، فنلاحظ حصول انخفاض في قيمة معدل البلى لبولي بروبلين غير المدعم كما تبين من المجموعة الاولى التي تتضمن المواد المتراكبة المدعمة بنوع واحد من

المخلفات الزراعية، اذ نلاحظ ان اقل قيمة لمعدل البلى في النموذج المدعم بمسحوق زهرة عباد الشمس (P.P+ Sun Flower) الذي يبلغ مقدار (68×10^{-9} (gm/cm)) ومن ثم يليها النموذج المدعم بمسحوق اتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays) وبمقدار (81×10^{-9} (gm/cm)) وامتلك النموذج المدعم بمسحوق سيقان عباد الشمس (P.P+ Stalk Sun Flower) اعلى قيم معدل البلى للمواد المتراكبة المدعمة بالمخلفات الزراعية، كما في الشكل(4-9).

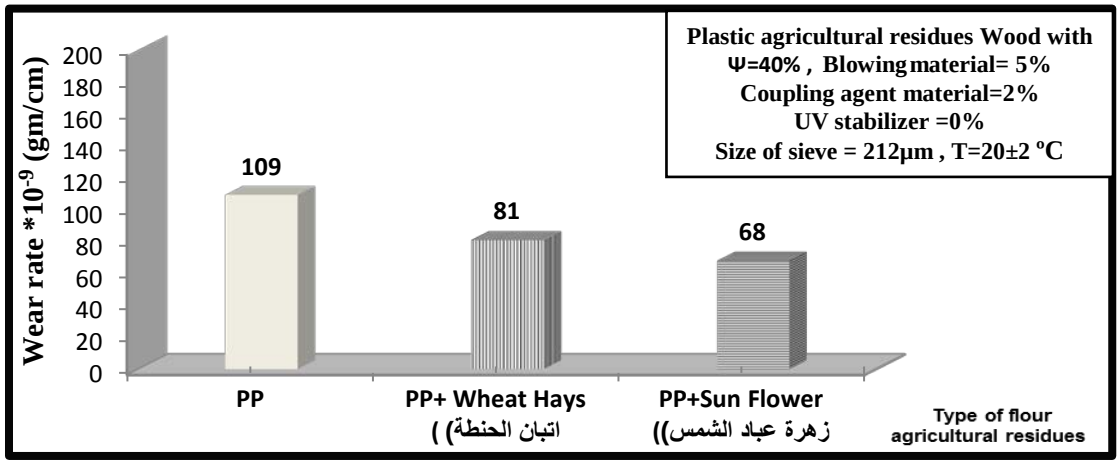
كما تم مقارنة نماذج المواد المتراكبة المدعمة بمسحوق اتبان نبات الحنطة المتكونة من (السيقان، والقشور) مع النماذج المدعمة بالمساحيق الاخرى كما موضح في الاشكال(4-A10)(4-B10) (4-C10) (4-D10).

اما المجموعة الثانية التي تتضمن المواد المتراكبة المهجنة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية [20% اتبان نبات الحنطة(WH) +20%المخلفات الزراعية الاخرى]، علاوة على ذلك تم تهجين جميع انواع المخلفات الزراعية المستعملة مع بعضها وبنسبة (10%) لكل مادة في المتراكب البلاستيكي، اذ تبين ان اقل معدلات للبلى نجدها عند النماذج [20% اتبان نبات الحنطة(WH) +20% زهرة عباد الشمس(SF)]التي اعطت معدل بلى يساوي(54×10^{-9} (gm/cm))، اي حصل تحسن ملحوظ عن ما هو عليه في التدعيم بنوع واحد وان اعلى قيم البلى كانت للمادة المتراكبة المدعمة ب [20% اتبان نبات الحنطة (WH) +20%سيقان عباد الشمس (SSF)] بلغت مقدار (68×10^{-9} (gm/cm)).كما في الاشكال(4-11)(4-A12)(4-B12)(4-C12)(4-D12)(4-13).

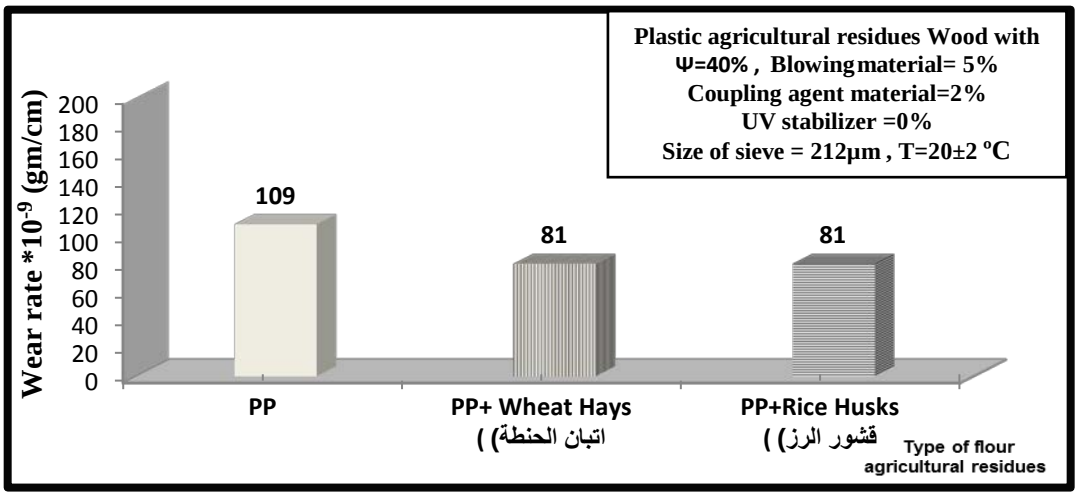
ويعود تعليل هذه النتائج ولكلا المجموعتين الى الربط القوي عند السطح البيني بين الطورين نتيجة توزيع دقائق المسحوق داخل المادة الاساس التي تصمم بالعادة لحماية طور التقوية (دقائق المخلفات الزراعية) من التلف او التفاعلات الجانبية، اذ يشكلان معا دورا فعالاً في زيادة مقاومة المادة المتراكبة للتأكل الميكانيكي المتولد بفعل الحركة النسبية الانزلاقية بين الاسطح وبهذا سوف تكون القوة القاصة والفاصلة للترابط الحاصل ما بين نتوءات اقل من قوة ترابط ذرات مادة الاساس والتقوية نفسها، التي ينتج منها حيز مغلق يعمل على قلة الفجوات الموجودة وصغر حجم المسامات المتكونة عند تصنيع المتراكب وحصول افضل تماسك بين دقائق المادة الاساس البولي بروبلين مع المادة المدعمة من المخلفات مما يؤدي الى تقليل من خسائر حطام البلى(Debris) وبالتالي يحصل تحسن في مقاومة سطح المادة للبلى [24,22].



الشكل (4-9) التغير في قيم معدلات البلى لجميع نماذج البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المستعملة.

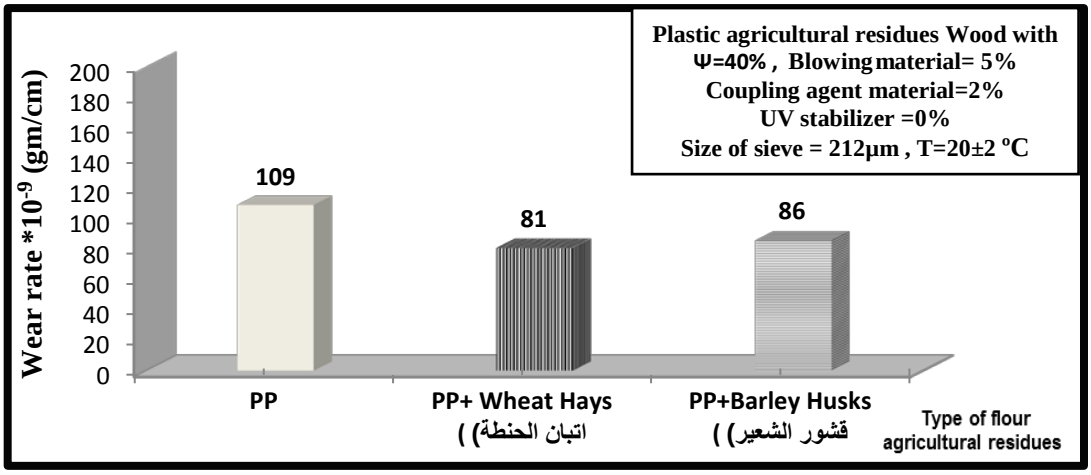


الشكل (4-A10)

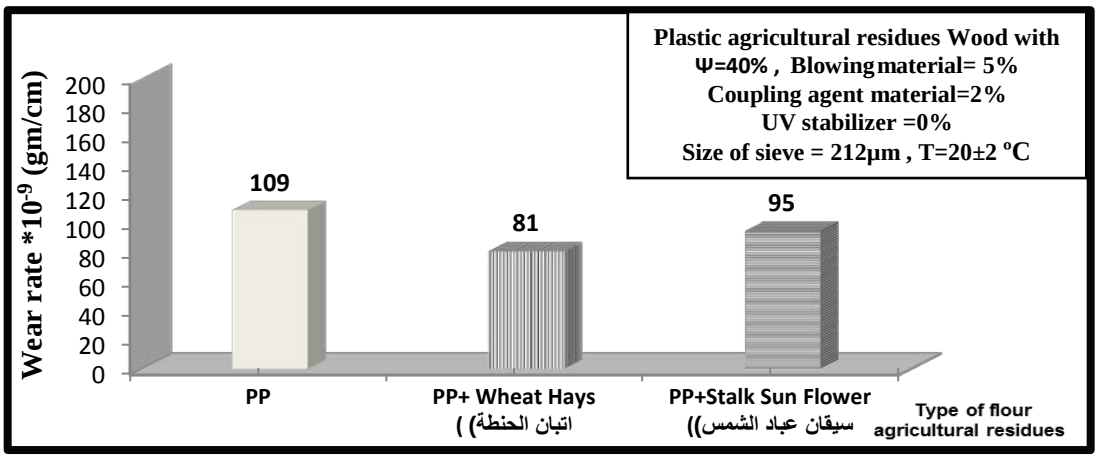


الشكل (4-B10)

الاشكال(4-A10)(4-B10) تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم معدل البلى لنماذج متراكبات المخلفات الزراعية المستعملة ومقارنتها مع البولي بروبلين(P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة.

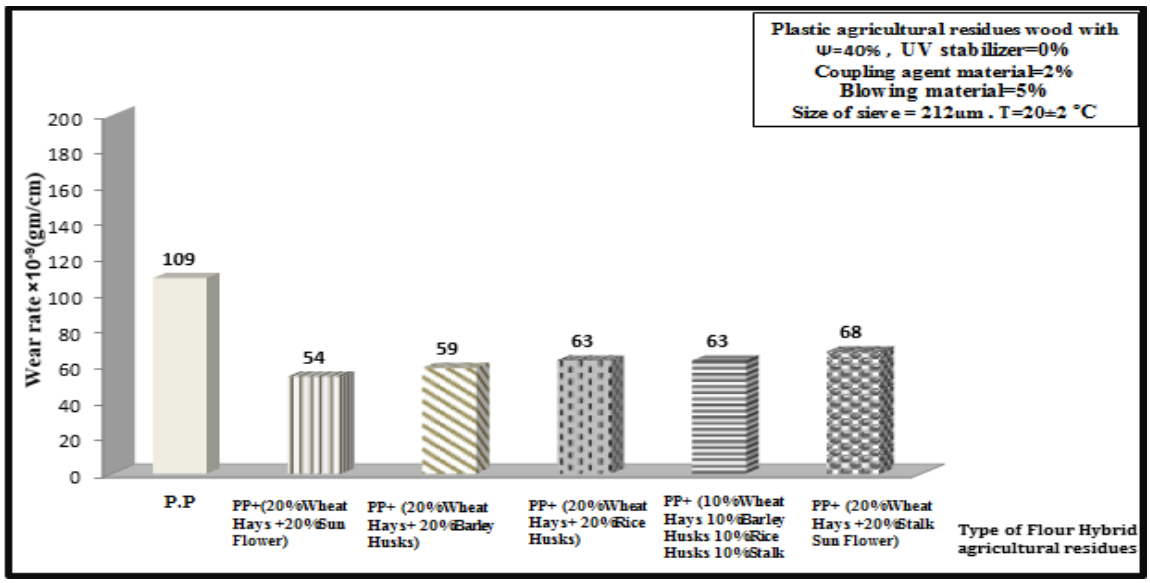


الشكل (C10-4)

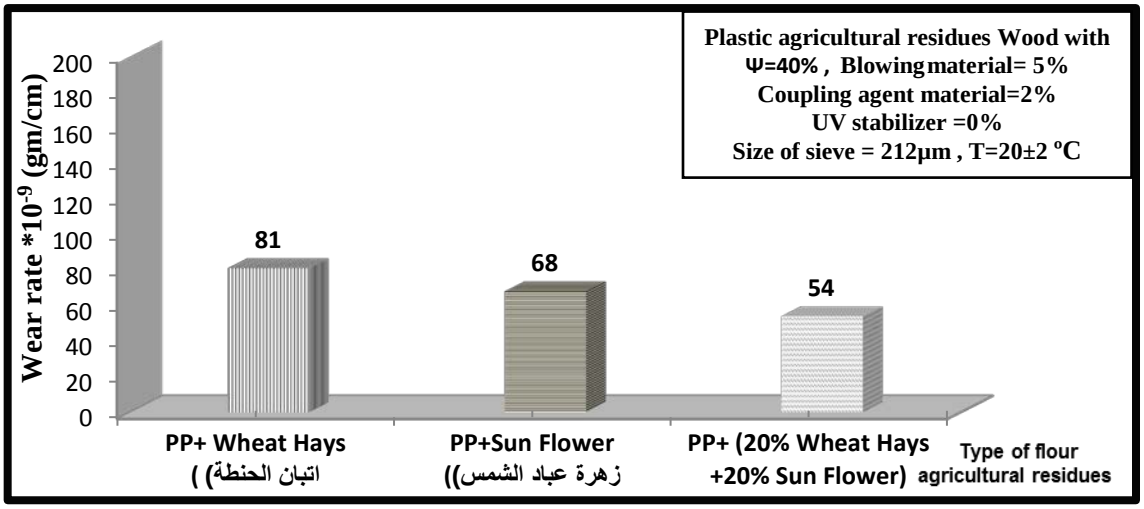


الشكل (D10-4)

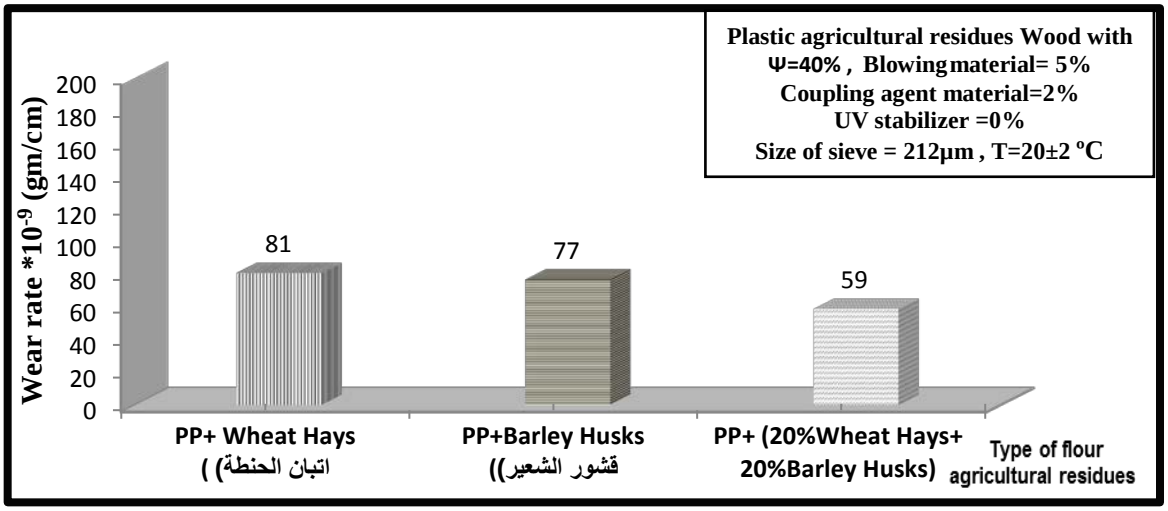
الاشكال(C10-4)(D10-4) تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم معدلات البلى لنماذج متراكبات المخلفات الزراعية المستعملة ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة .



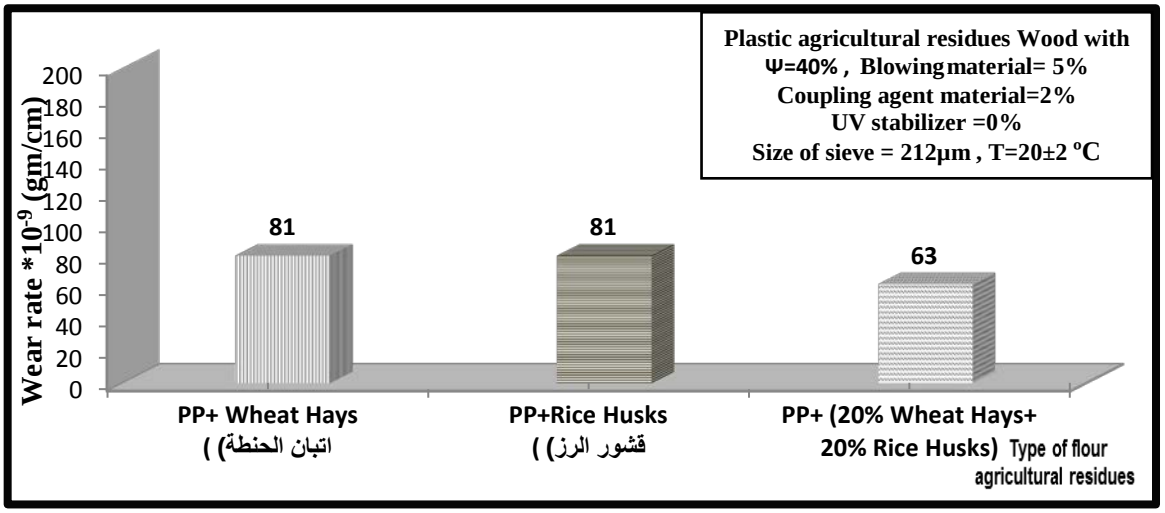
الشكل (4-11) التغير في قيم معدلات البلى لمواد متراكبة هجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية المستعملة.



الشكل (A12-4)

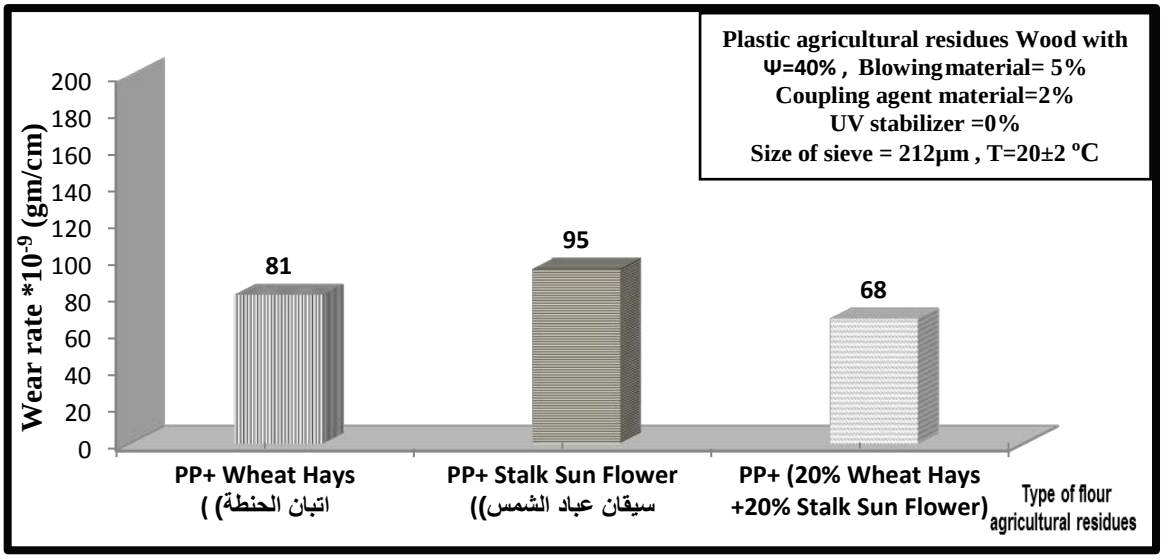


الشكل (B12-4)

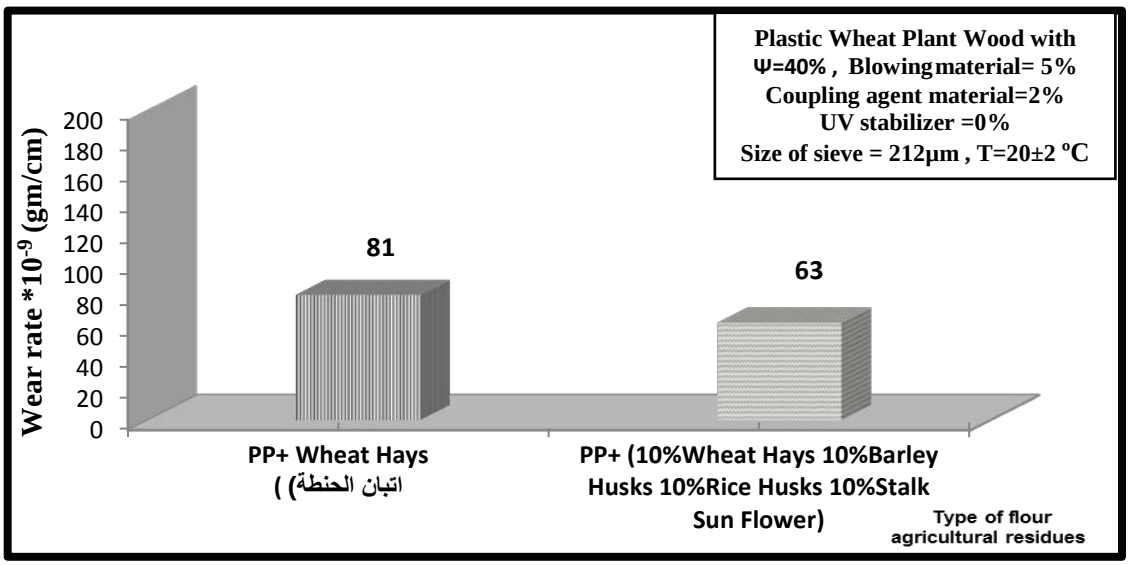


الشكل (C12-4)

الاشكال(A12-4)(B12-4)(C12-4) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم معدلات البلى ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد.



الشكل (4-D12) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع سيقان عباد الشمس على قيم معدلات البلى ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays)



الشكل (4-13) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأربعة انواع من المخلفات الزراعية المستعملة على قيم معدلات البلى ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays)

(4-3-1-2) تأثير اضافة المادة الرابطة السيلانية

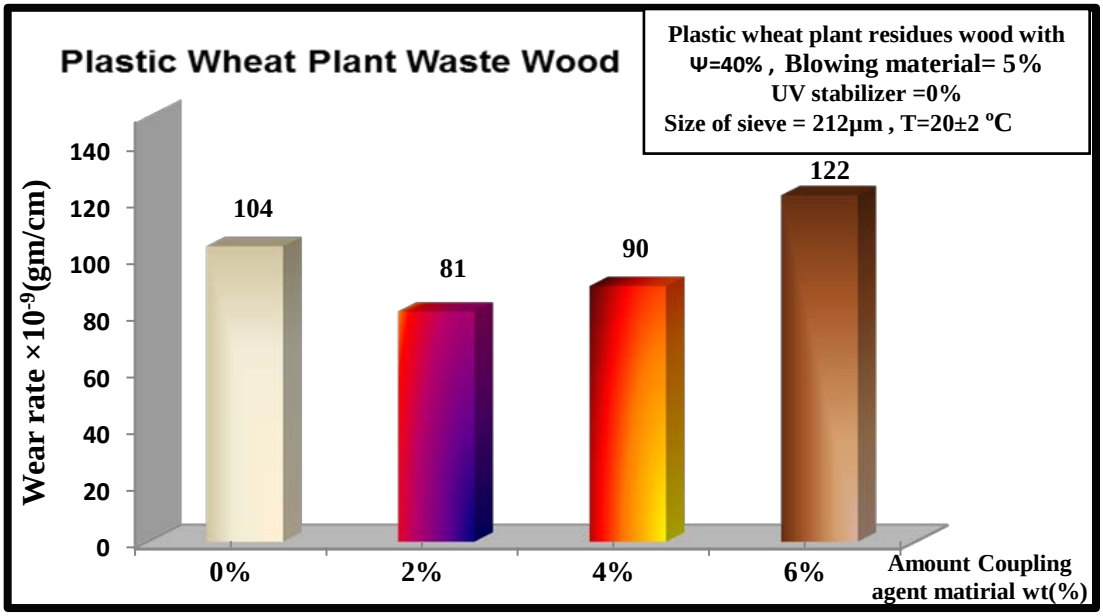
Effect Addition of Silane Coupling Agent

تبين ان لنسبة المادة الرابطة السيلانية دور فعال في تحسين مقاومة سطح متراكبات خشب اتبان الحنطة البلاستيكية، اذ انخفضت قيم معدل البلى مع زيادة المادة السيلانية من (0%) الى (2%) اذ يبلغ معدل البلى ادنى قيمة له (81×10^{-9} gm/cm)، و تزداد هذه القيمة مع زيادة نسبة المادة من (4%) الى(6%) بمعدل البلى ما بين (90×10^{-9} gm/cm -122)، كما موضح في الشكل (4-14). اذ وجد ان من الضروري التوقف نهائيا عن استعمال المادة السيلانية بنسبة اضافة اكبر او تساوي

(6%) بسبب ضعف الروابط بين مواد التدعيم والمادة الاساس والتي تعزى الى عدة اسباب نورد منها ما يلي [73,72]:

1-ضعف قابلية المادة البوليمرية (البولي بروبلين)على ترطيب المساحة السطحية الكبيرة لمواد التدعيم.

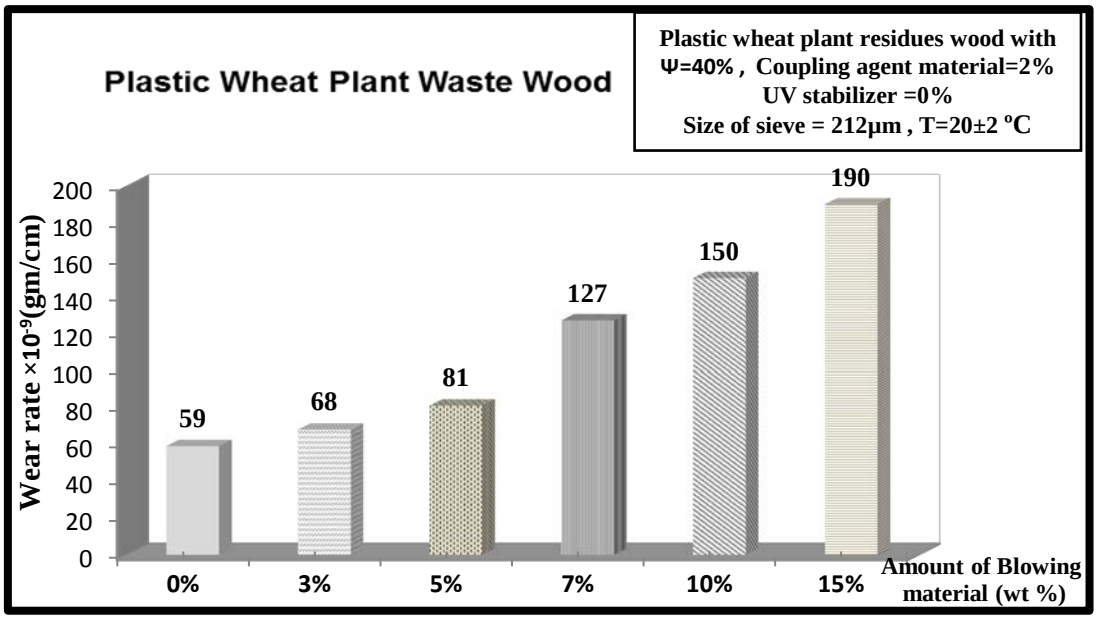
2- ان سطح مواد التدعيم ذات الطبيعة الممتصة للماء(Hydrophilic) قد يغلف بطبقات من الرطوبة التي تؤدي الى حدوث الامتزاز الكيميائي والفيزيائي لجزيئات المادة الاساس البوليمرية. من هنا يتبين ان المتراكبات التي لا تحتوي على المادة الرابطة السيلانية يكون فيها مسحوق اتبان الحنطة غير مرطب بشكل جيد من قبل مادة البولي بروبيلين لان قوة تلاصق جزيئاته مخالفة بدرجة كبيرة لقوة تلاصق جزيئات مسحوق اتبان الحنطة غير المعالجة بالمادة السيلانية [66,27]. ونتيجة لذلك عندما تزداد نسبة معاملة مسحوق اتبان الحنطة (0%)الى (4%) بالمادة السيلانية تزداد قابلية راتنج البولي بروبلين على ترطيب المسحوق السليلوزي بتقليل زاوية التماس (Contact Angle) ما بين البولي بروبيلين السائل اثناء القولبة وسطح دقائق مسحوق الحنطة مما يؤدي الى انتشار سائل البوليمر على سطح هذه الدقائق السليلوزية ولكن الاستمرار في زيادة نسبة المادة السيلانية لحد معين يمنع الامتزاز الكيميائي – الفيزيائي لجزيئات سائل البولي بروبلين اثناء القولبة وبالتالي تؤدي الى اضعاف قوة الترابط في منطقة السطح البيني الذي بدوره ينعكس سلبا على مقاومة البلى وذلك من خلال زيادة معدل البلى[24,18].



الشكل (4-14) تأثير تغير نسب المادة الرابطة السيلانية على معدل البلى لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).

(4-1-3-3) تأثير اضافة المادة النافخة Effect Addition of Blowing Material

ان النتائج المبينة في الشكل (4-15) تظهر ارتفاع في معدلات البلى بشكل تدريجي مع زيادة النسبة الوزنية للمادة النافخة في متراكب مخلفات نبات الحنطة الخشبي البلاستيكي. اذ لوحظ ان المتراكب اتبان الحنطة البلاستيكي غير المعامل بالمادة النافخة يسجل اقل معدلات البلى يساوي (59×10^{-9} gm/cm)، وان هذه القيمة من معدل البلى تبدأ بالزيادة عند اضافة (3%) بلغت (68×10^{-9} gm/cm) وتكون اعلى مستويات معدل البلى عند نسبة اضافة (15%) التي تساوي (190×10^{-9} gm/cm))، اي ان لهذه المادة تأثير كبير على زيادة تحطيم الاواصر بين السلاسل البوليمرية وتكون مسامات وفجوات وزيادة حجمها و تباعد بين السلاسل البوليميرية في داخل تركيب المادة مما يودي الى التقليل من الترابط بين دقائق المسحوق والمادة الاساس فتسهل عملية خلع وفصل دقائق من سطح عينة النموذج الخشبي البلاستيكي الذي يكون بصورة كبيرة عند نسب وزنية عالية من اضافة هذه المادة فيزداد التشويه اللدن عند قمم النتوءات والمنطقة القريبة من السطح مما يسبب زيادة كثافة الانخلاعات (Dislocations) وبالتالي تزداد هشاشة المادة تدريجيا بسبب تجمع الفجوات مؤدية بالنتيجة الى زيادة معدل البلى وحطامه وهذا يتفق مع ما تم ملاحظته من قيم الصلادة في هذه الدراسة، اذ ان معدل البلى يتناسب تناسبا عكسيا مع الصلادة[80] .

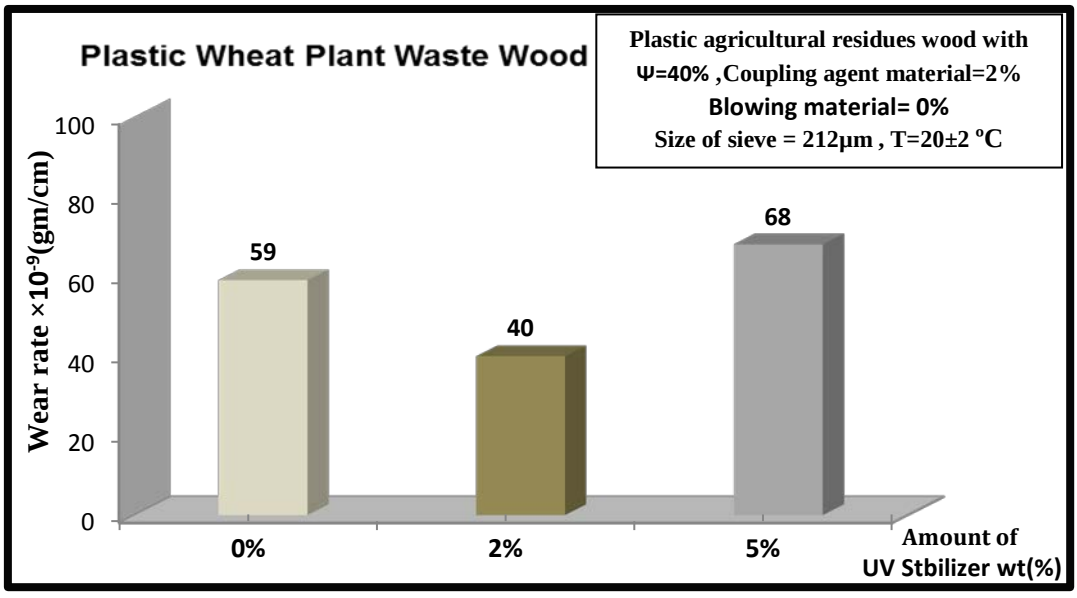


الشكل (4-15) تأثير تغير نسبة المادة الرابطة السيلانية على معدل البلى لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).

(4-1-3-4) تأثير اضافة مضادات الاكسدة Effect Addition of Antioxidants

إن اضافة مضادات الاكسدة الى متراكب مخلفات الحنطة البلاستيكي يؤدي الى التقليل من معدل البلى وزيادة مقاومة السطح للتأكل، ومن النتائج الموضحة في الشكل (4-16) لوحظ تفوق النماذج

المعاملة بهذه المادة عن نظيرتها غير المعاملة اذ وجد عند النموذج المضافة له (2%) يسجل اقل رقما لمعدل البلى بمقدار (40×10^{-9} (gm/cm)). وذلك يعزى ان هذه المادة تحصن المتراكب من الاشعة المحيطة محافظة بذلك على متانة المادة وتزيد من تماسك الدقائق المكونة لها بشكل متراص مما يجعلها تقاوم التأكل والاحتكاك الحاصل على سطح المادة. بعدها ومن خلال الشكل ذاته نرى ان قيم معدل البلى ارتفعت مع زيادة اضافة المضادات بنسبة (5%) الذي بلغ مقدار (68×10^{-9} (gm/cm)) ويعزى السبب في ذلك الى حقيقة كون هذه المواد تعتبر مواد مثبطة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية (Inhibitors) تساعد بشكل ظاهري في تحسين مقاومة البلى بالتأثير ايجابا لوجود هذه المواد في البنية الجزيئية للبولي بروبلين الذي قد يتغير في تركيب البنيوي [26,18]. وعندما تتضخم هذه النسبة المئوية لمضادات الاكسدة الى (5%) فان هذه المواد سوف يكون وجودها في البنية الجزيئة للبولي بروليين مشكلة تضاف الى مشكلة تحطم هذا البنية عند تراكم الاشعة فوق البنفسجية فيها، والانحدار الحاصل في قيم مقاومة المتراكب للمادة لان الزيادة الحاصل في نسبة مضادات الاكسدة داخل المتراكب يؤثر في تماسك جزيئات السطح، ومن ثم يقود الى ضعف المادة ونقصان المتانة، اذ يؤدي الى سهولة تكوين النقر والشروخ داخل المادة وبالتالي ازالة الطبقة السطحية للعينة وبذلك يزداد معدل حطام البلى[27].

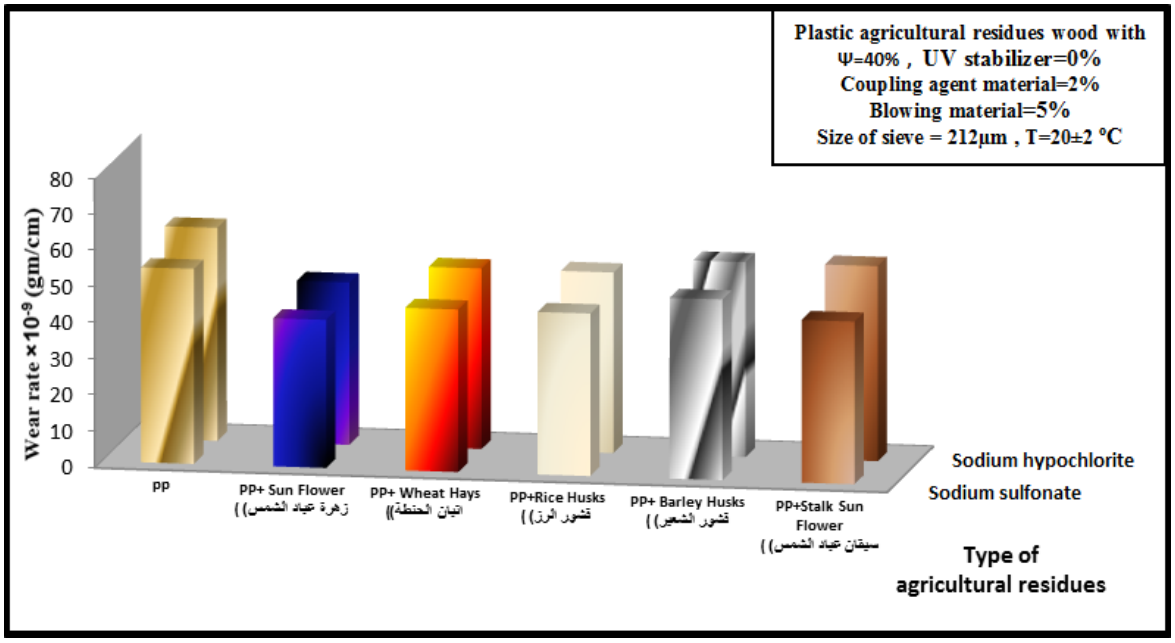


الشكل (4-16) تأثير تغير نسب مضادات الاكسدة على معدل البلى لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).

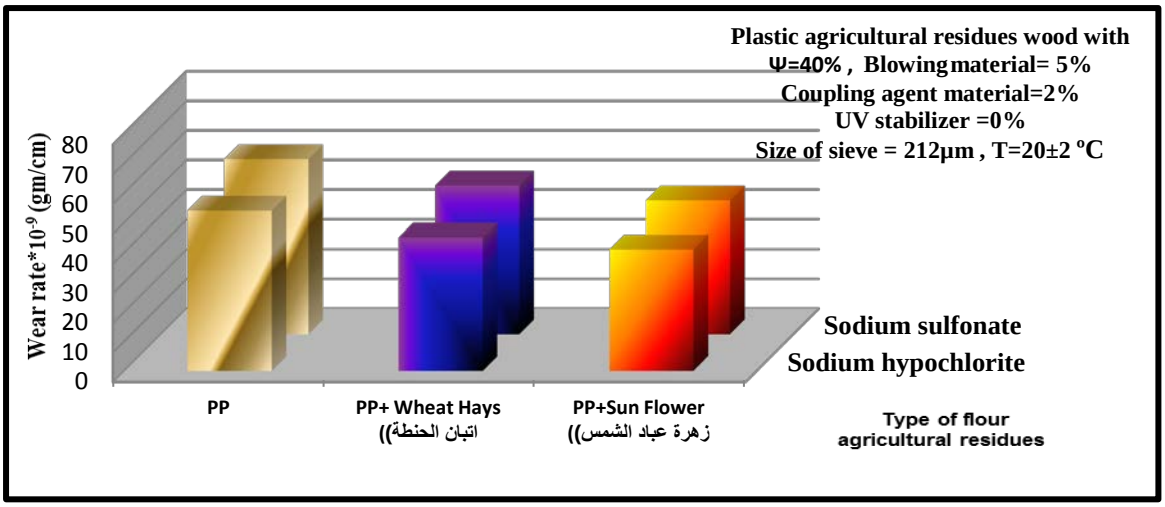
(4-3-2)تأثير معاملة اسطح النماذج بالمزلقات الكيميائية على البلى

Effect of Surface Treatment of Chemical Lubricants on Wear

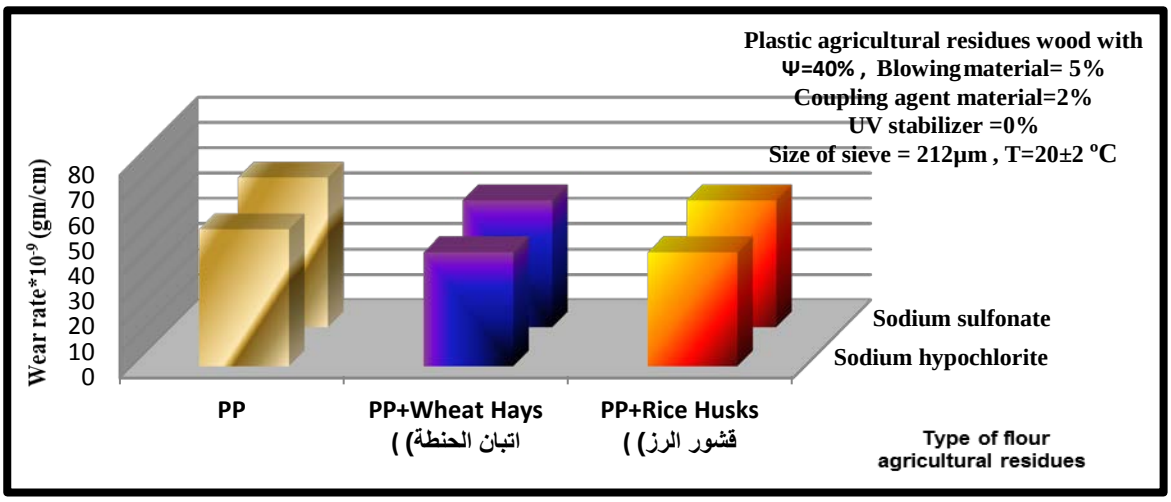
إن تعرض النماذج المهيأة على وفق ما ورد في البند (4-3-1) لهذا الفحص الى السوائل الكيميائية المزلقة (المنظفات المنزلية) المتمثلة ب ماء جافيل(Sodium hypochlorite) ، وسائل التنظيف (الزاهي)(Sodium sulfonate) المخففين بالماء بتركيز (8%)، يتم هذا الفحص من خلال ترطيب أسطح العينات المعتمدة وسطح القرص الدوار بالمحاليل المخففة ترطيبا سطحيا فقط، مما يجعل نتوءات السطح تمتص جزء بسيطا جدا من هذه المحاليل وهذا يظهر جليا عندما نرى نتائج من خلال الاشكال(4-17)(A18-4)(B18-4)(C18-4)(D18-4)(19-4)(A20-4)(B20-4) (C20-4) (D20-4)(21-4). نجد انها قد شهدت انحدارا ملحوظا في معدلات البلى وبنسب متفاوتة من مادة الى اخرى اذ ان معدل امتصاصية السوائل وكميتها من قبل النماذج يعتمد على عدة عوامل منها: التركيب الكيميائي للمادة البوليمرية، وزمن الغمر، ومدى الترابط وقوة الالتصاق للمواد الداخلة في تكوين المادة المتراكبة البوليمرية اي مدى كفاءة واداء السطح البيني، ونوعية المحاليل المستعملة[30,25]. اذ تعمل هذه المحاليل بمثابة غطاء سطحي مزلق (Surface Film) يغطي أسطح الانزلاق وبالتالي يقلل من قابلية الاحتكاك الحاصل بين الاسطح المنزلقة مما يقود الى انخفاض درجة الحرارة وازدياد سرعة التبريد بفعل رذاذ المحاليل مما يؤدي الى نقصان في تشوه نتوءات التلامس ما بين السطحين المنزلقين ومنع حصول الاتصال المباشر ما بين نتوءات السطحين وبالتالي ينتج عن ذلك انخفاض معدل البلى[25].



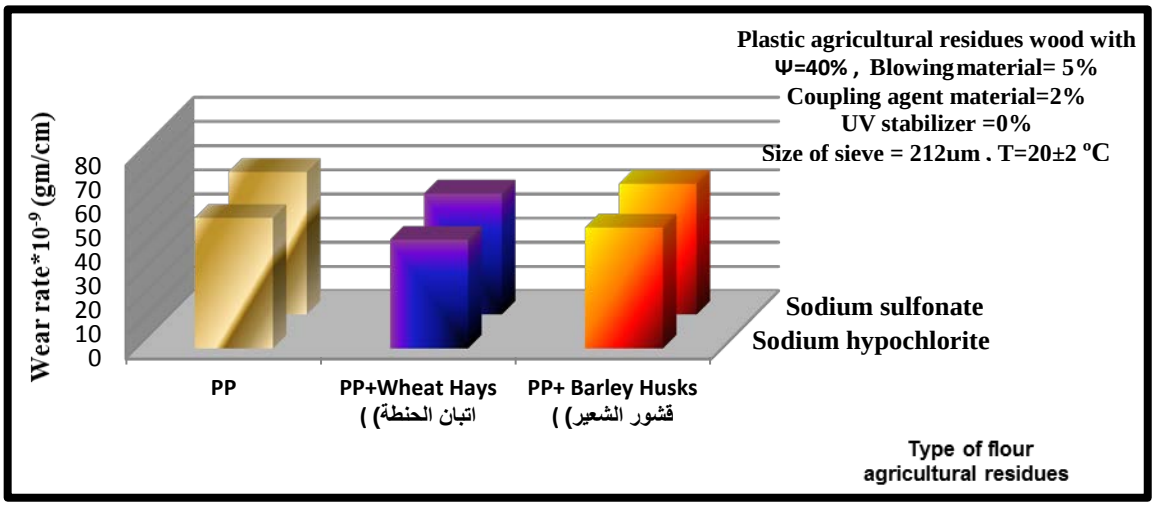
الشكل (4-17) التغير في قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية بالمزلقات (المنظفات) المنزلية لمتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي.



الشكل(A18-4)

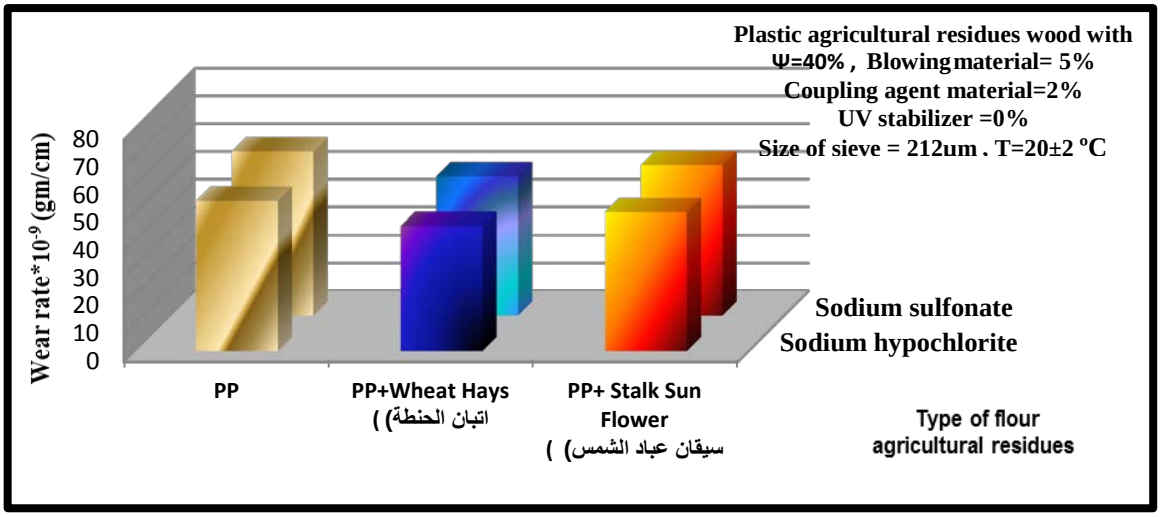


الشكل (B18-4)

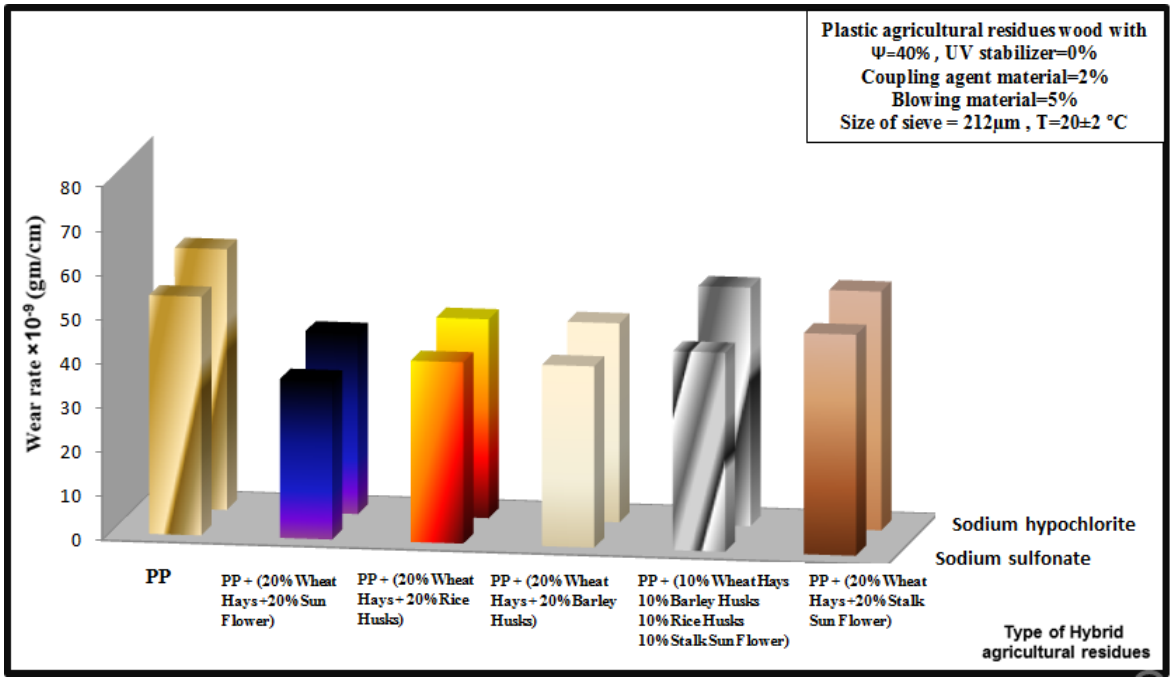


الشكل(C18-4)

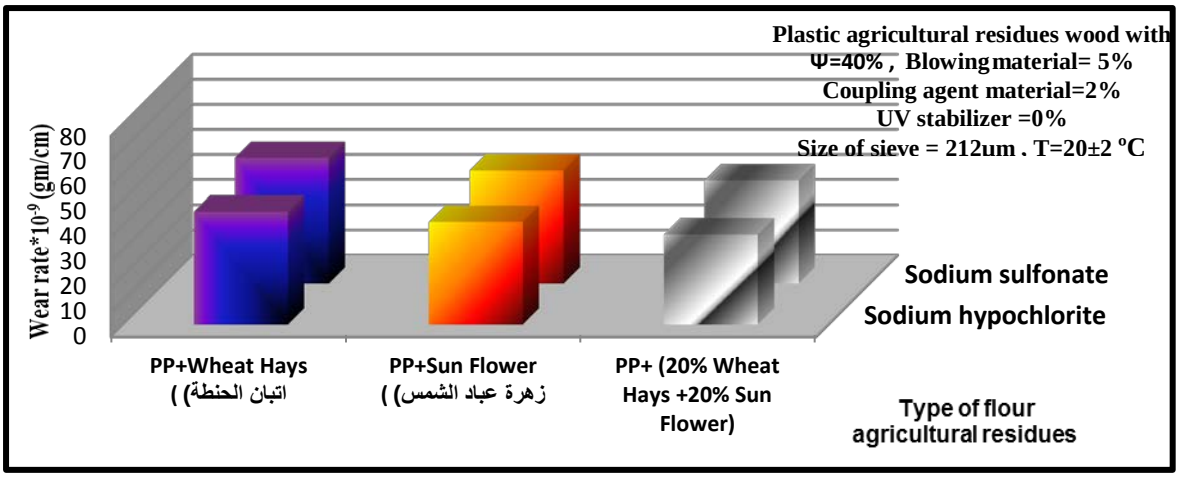
الاشكال (A18-4)(B18-4)(C18-4)تأثير استعمال المزلقات (المنظفات) المنزلية المتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات متراكبات المخلفات الزراعية مع مقارنتها بالبولي بروبلين (P.P Pure) و متراكب أتبان الحنطة(P.P+ Wheat Hays).



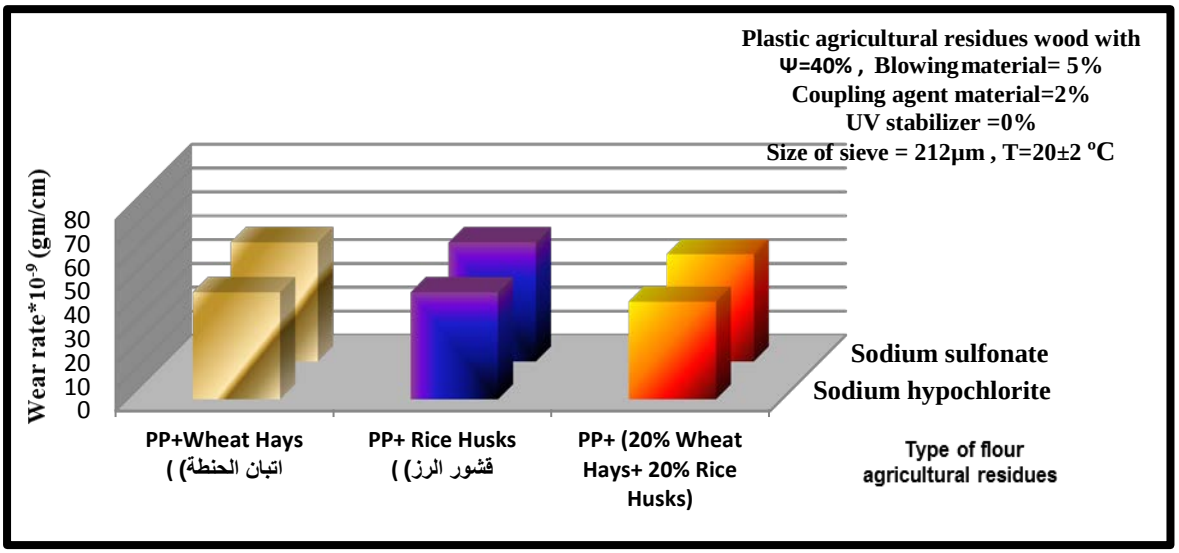
الشكل(D18-4)تأثير استعمال المزلقات (المنظفات) المنزلية المتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات متراكبات سيقان عباد الشمس مع مقارنتها بالبولي بروبلين (P.P Pure) و متراكب أتبان الحنطة(P.P+ Wheat Hays).



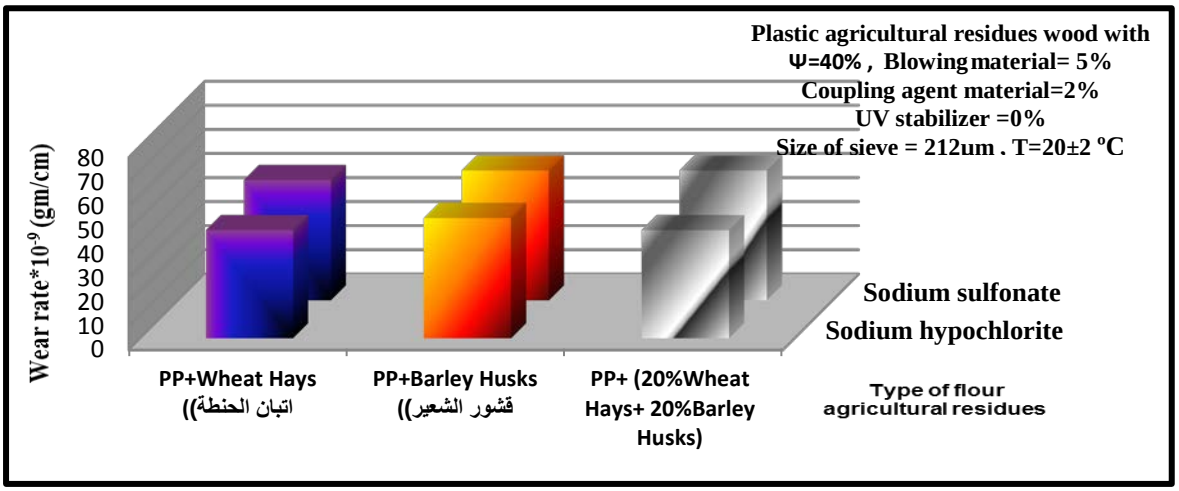
الشكل (4-19) التغير في قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات البوليمرية المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية بالمزلقات (المنظفات) المنزلية .



الشكل (A20-4)

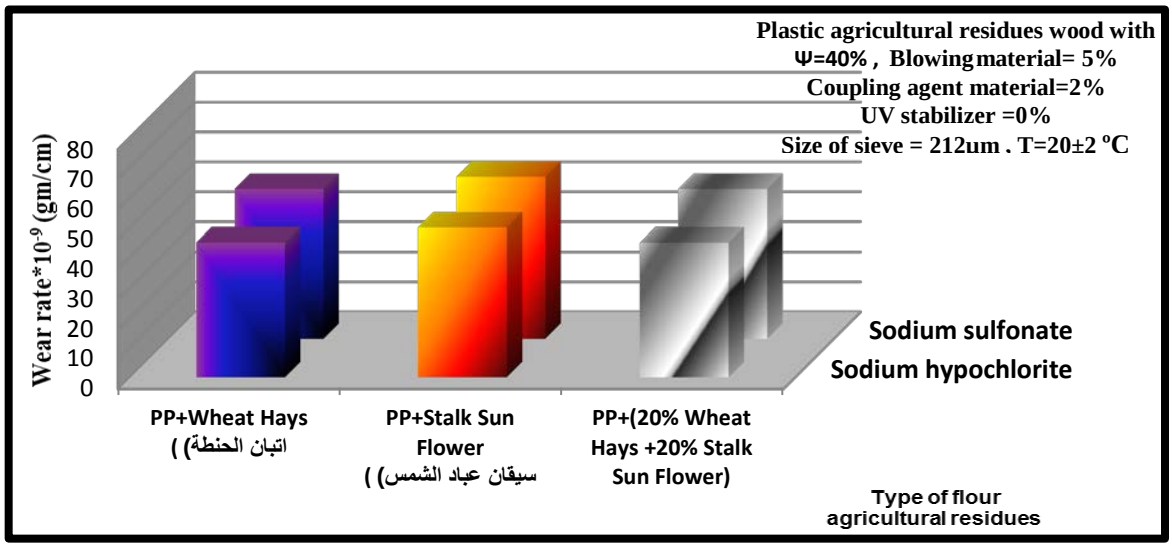


الشكل (B20-4)

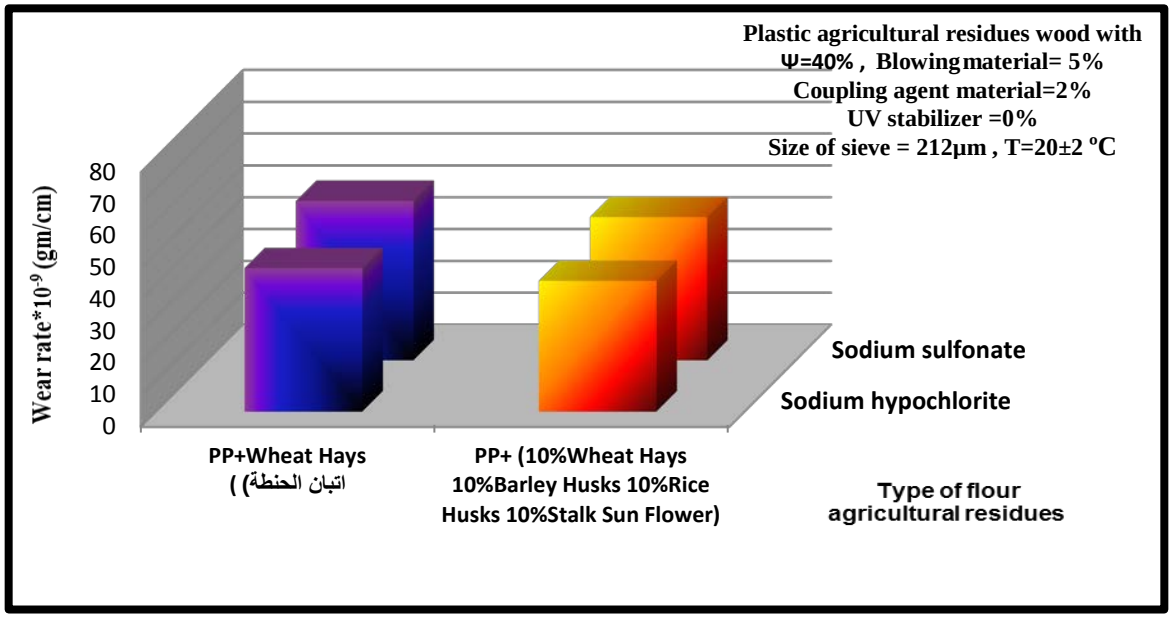


الشكل(C20-4)

الاشكال(A20-4)(B20-4) (C20-4) تأثير استعمال المزلقات (المنظفات) المنزلية المتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات المتراكبات الهجينة المدعمة بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد.



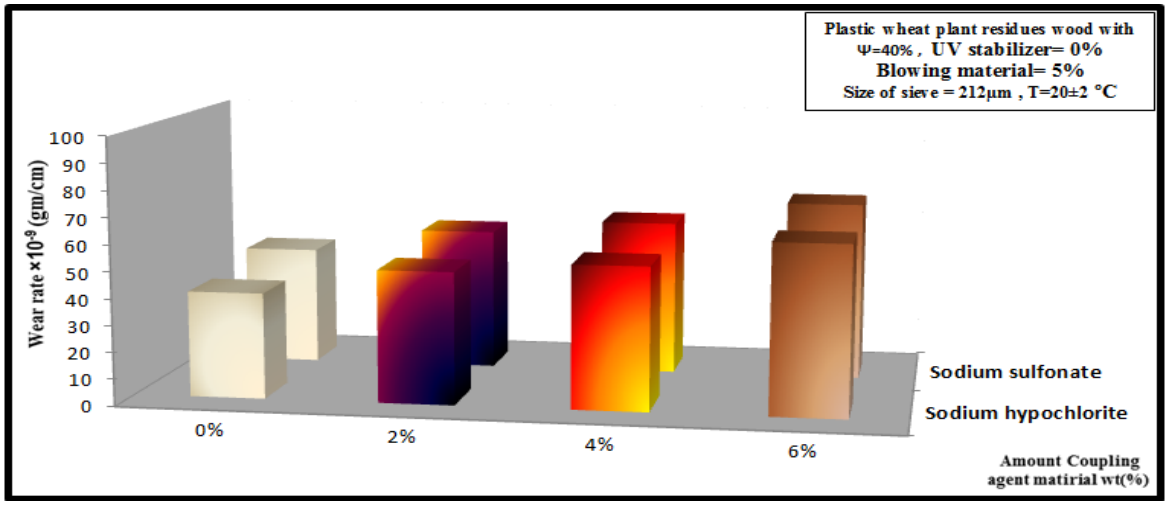
الشكل(4-D20) تأثير استعمال المزلقات (المنظفات) المنزلية المتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات المتراكبات الهجينة المدعمة بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد.



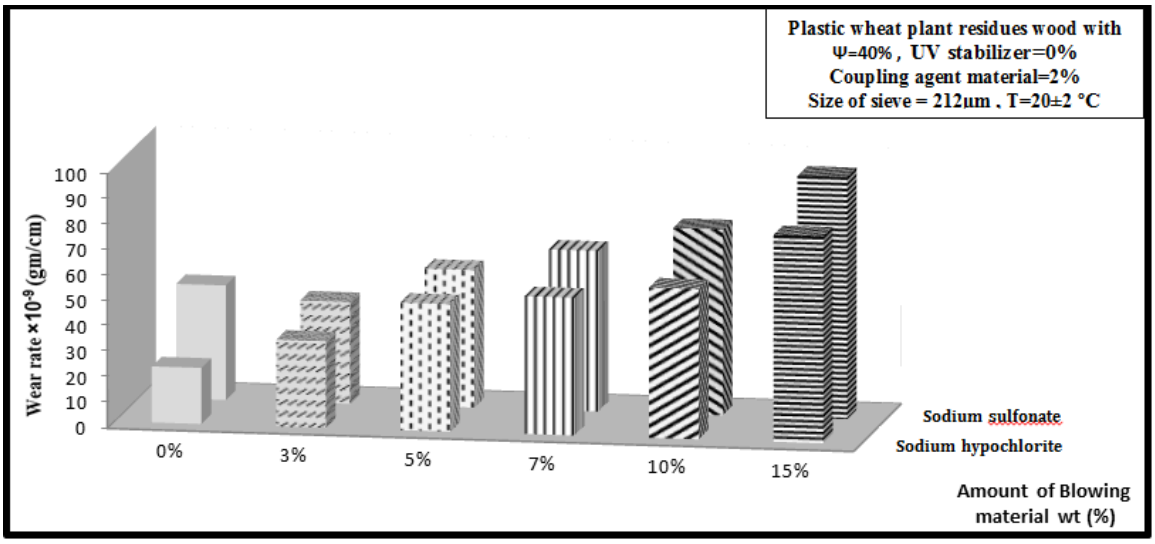
الشكل(4-21) تأثير استعمال المزلقات (المنظفات) المنزلية المتمثلة بماء جافيل وسائل الزاهي على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات المتراكبات الهجينة المدعمة بأربعة انواع من المخلفات الزراعية المستعملة ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays)

ومن ناحية اخرى وبنفس سياق الفحص قد اجري على عينات خشب الحنطة البلاستيكي التي تتم معالجتها بتراكيز مختلفة من المادة الرابطة السيلانية، والمادة النافخة، ومضادات الاكسدة. اوضحت النتائج ان ترطيب عينات متراكب خشب الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة الرابطة السيلانية بنسبة (2%) بتأثير سائل التنظيف (الزاهي) يكون اعلى معدلات البلى من المتراكب الخشبي ذا الترطيب

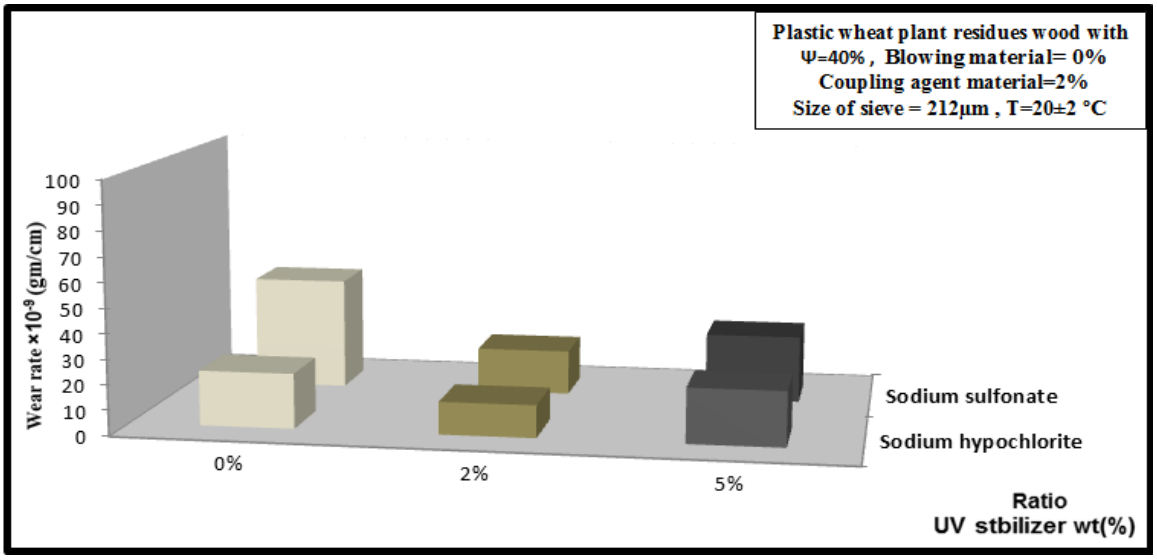
بتأثير محلول ماء جافيل (القاصر)، اذ يسجل فرق بينهما (4×10^{-9} (gm/cm)) وهذه النسبة تمثل المتراكب الخشبي الحاوي على القيمة (5%) للمادة النافخة لنفس النسبة. كما ان باستعمال سائل التنظيف سجلت عينة المتراكب الخشبي البلاستيكي من نوع الحنطة عند نسبة اضافة (2%) من مضادات الاكسدة معدل البلى يساوي(18×10^{-9} (gm/cm)) وهو اكبر من تأثير ماء جافيل (القاصر) على نفس العينة والتي تسجل مقدار (13×10^{-9} (gm/cm)) كما مبين في الاشكال(4-22)(4-23)(4-24) التي تشير الى وجود انخفاض واضح في معدلات البلى بتأثير سوائل التنظيف ولنفس الاسباب التي تم ذكرها انفا.



الشكل (4-22) تأثير تغير نسبة المادة الرابطة السيلانية على معدل البلى لخشب تبن الحنطة البلاستيكي باستعمال المنظفات المنزلية تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).

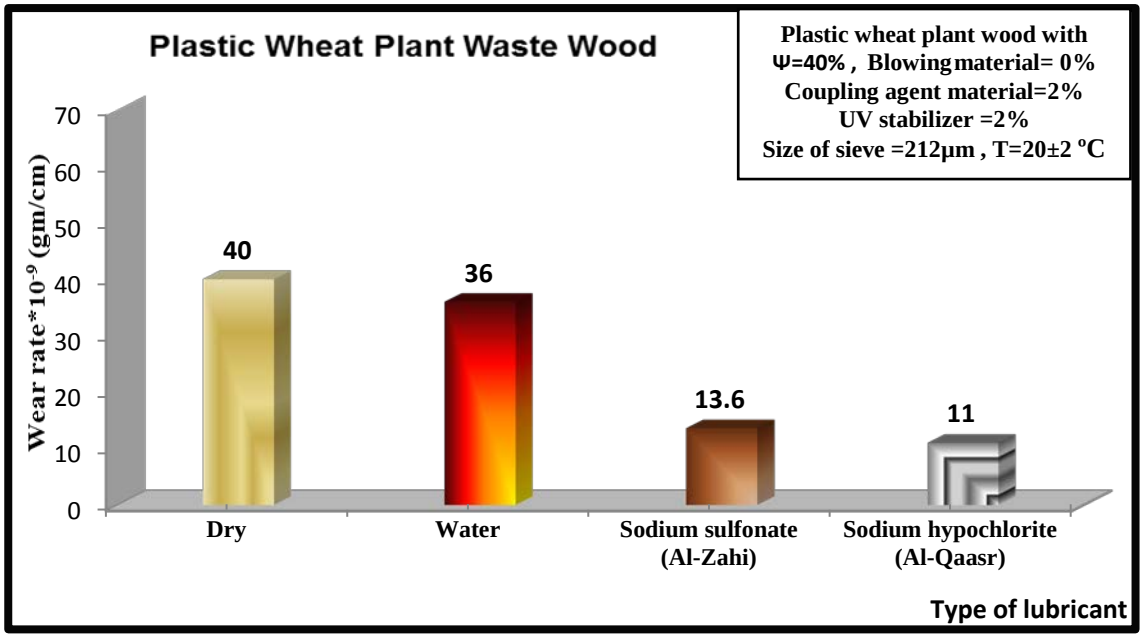


الشكل(4-23) تأثير تغير نسبة المادة النافخة على معدل البلى لخشب تبن الحنطة البلاستيكي باستعمال المنظفات المنزلية تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).



الشكل (4-24) تأثير تغير نسبة مضادات الاكسدة على معدل البلى لخشب تبن الحنطة البلاستيكي باستعمال المنظفات المنزلية بظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).

وقد تم اجراء مقارنة تبين تأثر معدل البلى بالظروف الجافة او عند الترطيب لنماذج متراكبات الخشب البلاستيكي، اذ اوضحت النتائج المبينة في الشكل(4-25) ان اقصى قيم معدلات البلى لنماذج خشب مخلفات الحنطة البلاستيكي في الحالة الجافة بلغت (40×10^{-9} (gm/cm)) وهي اعلى من العينات المتعرضة الى ترطيب بماء الاسالة (الاعتيادي) التي سجلت مقدار(36×10^{-9} (gm/cm)) وهما بدورهما يسجلان تأثير اعلى مقارنة مع الترطيب بمحلول التنظيف السائل (الزاهي) الذي بلغ (13.6×10^{-9} (gm/cm))، وهذا الاختلاف في قيم معدلات البلى يرجع الى ان الماء العادي و محلول التنظيف يعملان على تكوين سطح مزلق لكون مدة الترطيب لا تسمح للجزيئات بالتغلغل بشكل كافي بغية ازالة الروابط السطحية (الشد السطحي) بين الجزيئات، اذ يساهم هذا السطح في زيادة الالتصاق الميكانيكي لنتوءات السطحين المتلامسين فضلاً عن كون المنظف (الزاهي) يحتوي في تركيبه على كمية من زيت مزلق الذي يعمل على تقليل الاحتكاك وبالتالي تقليل درجة الحرارة بين السطحين وبذلك يقل معدل البلى عن ما هو عليه باستعمال ماء الاسالة (الاعتيادي). كما اظهر هذا الشكل حصول استجابة قليلة لمتراكب الخشب البلاستيكي بعد معاملتها بماء جافيل، اذ بلغ ادنى مستويات البلى (9×10^{-9} (gm/cm)) والذي يعطي مؤشرا الى حقيقة كون ماء جافيل هو مادة مطهرة اكثر منها منظفة، اذ ان هذا المركب يعمل على التقليل من الشد السطحي بصورة اقل من سائل التنظيف ويعزى ذلك التباين في مقاومة البلى في هذه الظروف الى كمية وتركيز الجزيئات المتغلغلة في نتوءات السطح ومدى قدرتها على منع الاحتكاك بين الاسطح مع بعضها البعض وقابليتها على زيادة الانزلاق الحاصل ما بين السطحين المتلامسين[25].



الشكل (4-25) تأثير استعمال الماء الاعتيادي والمنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل الزاهي) على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات متراكب أتبان الحنطة البلاستيكي .

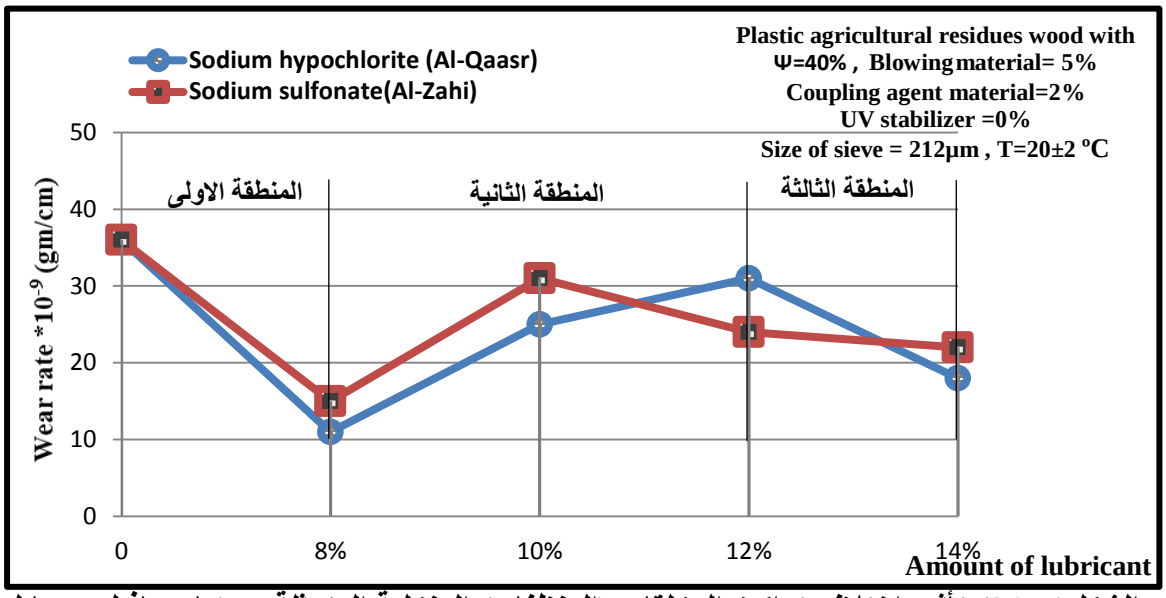
اظهرت النتائج الموضحة في الشكل (4-26) تبعا لتأثير تغيير تراكيز الترطيب بالمحاليل الكيميائية المزلقة (المنظفات المنزلية) على نموذج متراكب اتبان الحنطة البلاستيكي ثلاثة مناطق رئيسية هي:

المنطقة الاولى/: ان هذه المنطقة تبدا من ارتفاع نسبة تركيز المواد المنظفة في جسم المتراكب البلاستيكي من (0%) اي ماء فقط دون سائل الى(8%) المخفف بالماء اذ تظهر هبوط في قيم معدلات البلى من(36×10^{-9} (gm/cm)) الى (18×10^{-9} (gm/cm)) (13×10^{-9} (gm/cm)) بالنسبة للعينات المتعرضة لعملية الترطيب بالسائل (الزاهي) وماء جافيل (القاصر)على التوالي. وعليه فأن الفقدان في حطام البلى يكون قليلا جدا وذلك بسب كون التشابك الميكانيكي يصبح ضعيف بين السطحين المتلامسين لوجود الغشاء السطحي المتكون جراء هذه النسب من المحاليل المزلقة التي تقلل من الاحتكاك ولهذا فان ارتفاع درجة حرارة السطح تكون غير فعالة في تشوه نتوءات المتراكب الخشبي البلاستيكي المتلامسة مع سطح القرص المعدني لكون الكمية المضافة من المحاليل في الماء قليلة جدا فتمتص من قبل النتوءات فلا تساعد على الانزلاق وتعمل على تقليل سطح النتوءات الحاد .

المنطقة الثانية /: تظهر هذه المنطقة الممتدة من(8%) الى(10%) بالنسبة للعينة المعاملة بالسائل (الزاهي)، اذ تبدي ارتفاع معدل البلى يصل الى(31×10^{-9} (gm/cm)) اما العينات المتعرضة لماء جافيل يرتفع معدل البلى فيها بين النسب (8%-12%) بمقدار (31×10^{-9} (gm/cm)) ويرجع سبب ذلك الى ان بعد زيادة نسب المحاليل في الماء فأنها تؤثر على جزيئات سطح العينة المتراكبة الخشبية من خلال ازالة البعض من قوة الشد السطحي ما بين هذه الجزيئات وبالتالي تصبح اقل مقاومة لاحتكاك الحاصل بين الاسطح و سهولة انتزاع النتوءات مقارنة بالمنطقة الاولى مما يجعله يسبب

زيادة في فقدان حطام البلى وبالتالي ارتفاع في مستويات معدل البلى. ولذا فان معدل البلى يتناسب عكسيا مع السرعة الانزلاقية ويكون الاحتكاك اكبر.

المنطقة الثالثة /:هي منطقة هبوط في قيمة البلى ما بين النسبتين(10%-14%) والتي تنخفض بعد ارتفاعها في المنطقة الثانية الى (22×10^{-9} (gm/cm)) (18×10^{-9} (gm/cm)) ويرجع السبب في ذلك الى الزيادة الحاصلة في تركيز المحلول في الماء مما يكون طبقة مزلقة رقيقة جدا بين السطحين المتلامسين اذ انها تعمل على تقليل الاحتكاك وفي ذات الوقت تحافظ على سرعة الانزلاق التي تعمل على رفع درجة الحرارة بين الاسطح المتلامسة ما يودي الى زيادة قص النتوءات الحادة لكن بشكل بطيء مما يجعل معدل البلى ينخفض بشكل واضح بالمقارنة مع تأثير المنطقة الثانية .



الشكل(4-26) تأثير اختلاف تراكيز المزلقات (المنظفات) المنزلية المتمثلة ب (ماء جافيل، وسائل الزاهي) على قيم معدلات البلى عند ترطيب عينات متراكب أتبان الحنطة البلاستيكي .

(4-3-3) دراسة تأثير متغيرات الاختبار في معدل البلى

Study the Effect of Test Variables in Wear Rate

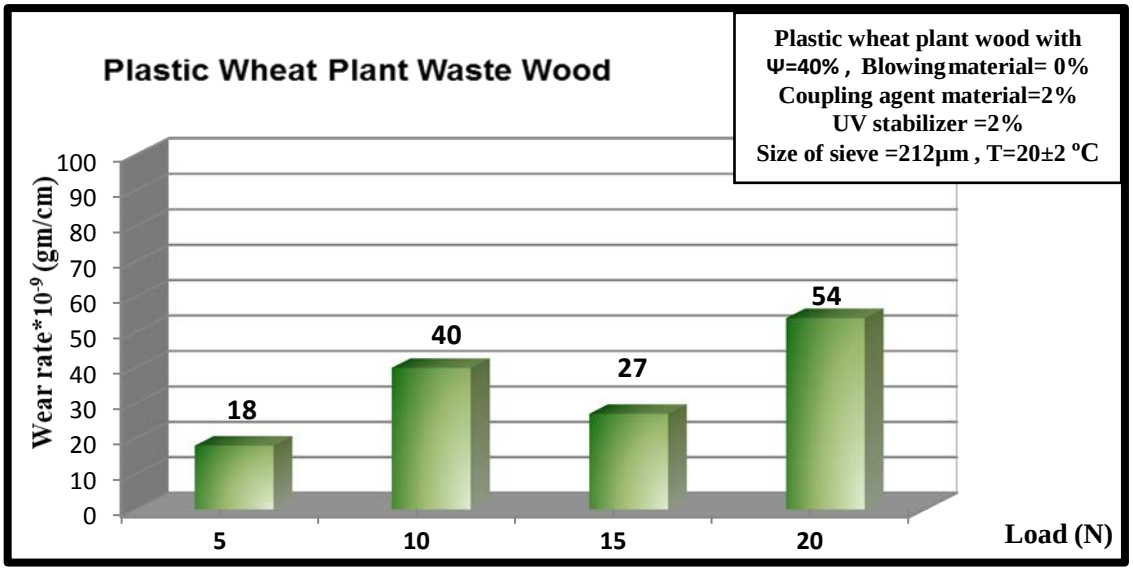
(4-3-3-1) تأثير تغير الحمل المسلط على معدل البلى

Effect of Change Load on Wear Rate

تم دراسة تأثير تغير الحمل المسلط على معدل البلى لمتراكبات مخلفات الحنطة الخشبي البلاستيكي في الظروف الطبيعية وتم الاعتماد على اربعة احمال هي (20,15,10,5) نيوتن على التوالي، كانت مدة التدوير (زمن الانزلاق) في الاختبار دقيقة واحدة، واستعمل قرص الدوران مصنوع من الالمنيوم بصلادة (86 HB). ومن خلال الشكل (4-27) نجد ان زيادة الحمل المسلط تؤدي الى زيادة معدل

البلى والسبب في ذلك يعود الى ان قوة الاحمال (N) تتناسب طرديا مع القوة الضاغطة (F) الاحتكاك[105].

إن سطحي كل من القرص الدوار والعينة المتلامسين و المحتكين معا يتكونان من نتوءات صغيرة واخاديد، وان الاحتكاك بين السطحين يبدا عند النتوءات الحادة تحت الحمل المسلط الذي يكون له تأثير مباشر في التشوه اللدن الحاصل عند قمم النتوءات والمنطقة القريبة من السطح فضلاً عن ارتفاع درجة الحرارة التي تعد من اهم العوامل المؤثر على معدل البلى، اذ تسبب زيادة في ليونة المادة والذي بدوره يزيد الالتصاق ما بين السطحين المتلامسين لذا فأن الاجهاد يتركز على النتوءات الحادة مما يؤدي الى تزايد التشوه اللدن (Plastic Deformation) الحاصل عند قمة النتوءات للمناطق القريبة من سطح النموذج مسببا تحطم قشرة السطح وانفصالها على شكل دقائق صغيرة جدا مكونة حطام البلى. الا ان هذه الزيادة في معدل البلى لا تكون بشكل مستمر بل متفاوتة، اذ نلاحظ من الشكل(4-27) ان معدل البلى يكون منخفض عند الحمل (5N) والذي يمكن تفسيره الى وجود آلية التقشر الجانبية (Lateral Flaking Mechanism) فعند الاحمال الواطئة تحدث عمليات نزع للنتوءات المتواجدة على سطح النموذج المتراكب بفعل عملية الحرث (Ploughing) الحاصلة بوساطة اخاديد السطح القرص الدوار الذي تنزلق عليه المادة المتراكبة، وتستمر هذه الزيادة الحاصلة في معدل البلى عند الحمل المسلط (10N)، ومع زيادة الحمل الى (15N) نرى ان الحرث يقل اي ناتج حطام البلى ينخفض وقد يعزى هذا النقصان الى تسطح النتوءات الحادة مما يؤدي الى تقليل معدل البلى وحدوث عمليات النزع البسيطة لقمم النتوءات بفعل الحرث، فضلاً عن تكون الطبقة العازلة بين سطح القرص الدوار والعينة نتيجة تحطم النتوءات الحادة الموجودة على سطح العينة مما يجعلها تمنع انتقال الاجهادات الناتجة من الحمل المسلط وبذلك يكون اقل من القوى المطلوبة لنزع نتوءات عينة المادة المتراكبة البوليميرية[22,18]. لكن بزيادة الحمل الانضغاطي (من 15N الى 20N) يعمل على تكون نتوءات حادة مرة اخرى ومع استمرار الحركة الانزلاقية سوف يزداد البلى يعزى ذلك الى تلاقي الشروخ المتكونة عند التحميل الواطئة مع بعضها البعض لتكون في نهاية الامر الشقوق المستمرة التي تؤدي بالنتيجة الى انفصال الدقائق المتقشرة (Flake Particle). علاوة على ذلك فالاستمرار بزيادة الحمل سوف يؤدي الى حدوث سحب الحشوات الدقائقية من المادة الاساس نتيجة عملية الترقيق (Thinning) وعليه يكون حطام البلى الناتج عبارة عن دقائق من المادة الاساس ودقائق مادة التدعيم مكسرة بأشكال غير منتظمة[24,22].



الشكل (4-27) العلاقة بين معدل البلى مع زيادة الحمل المسلط تحت ظروف تشغيل (نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).

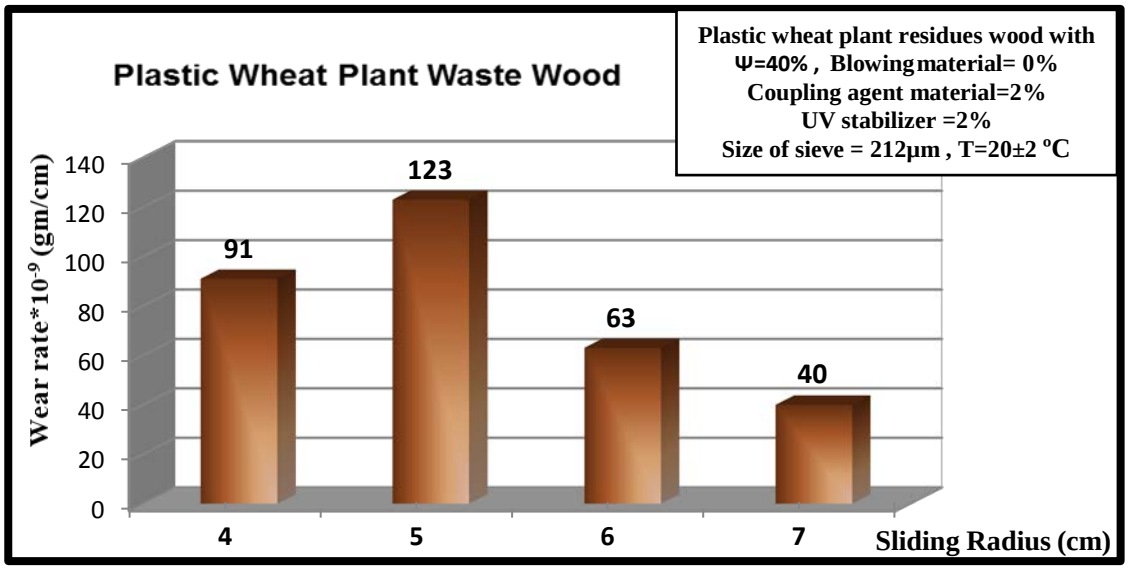
(4-3-3-2)تأثير تغير نصف قطر الانزلاق في معدل البلى

Effect of Change Sliding Radius on Wear Rate

تمت دراسة تغيير انصاف اقطار الانزلاق على معدل البلى لمتراكبات مخلفات نبات الحنطة الخشبي البلاستيكي، بالاعتماد على اربعة انصاف هي (7,6,5,4)cm على التوالي مع ثبات باقي ظروف التشغيل بحمل مسلط (10N) وزمن انزلاق (1min). واظهرت النتائج العملية المتمثلة في الشكل (4-28). اذ يلاحظ عند انصاف اقطار (5,4)cm وهي المنطقة الاولى ان قيمة معدل البلى ترتفع مع زيادة نصف قطر الانزلاق وذلك نتيجة زيادة قيم الشغل المنجز من قبل قوة الاحتكاك القاصة للنتوءات السطحية الحادة والسبب يعود الى ان ارتفاع درجة الحرارة تعمل على زيادة تشوه نتوءات التلامس. علاوة على ذلك تعمل درجة الحرارة اللحظية المتولدة على تليين سطح العينة المحتك بالقرص الدوار مما يسهل عملية انفصال دقائق البلى ولهذا يزداد معدل البلى في هذه المنطقة[22,18].

اما في المنطقة الثانية عند انصاف اقطار (7,6)cm يلاحظ ان معدل البلى يقل (بلى خفيف) وذلك لتكون طبقة من الغشاء السطحي التي بدورها تقلل من احتكاك السطحين المتلامسين ولهذا فان ارتفاع درجة حرارة السطح تكون غير فعالة في تشوه نتوءات تلامس السطحين نتيجة تسرب الحرارة عند النتوءات السطحية مع امتلاكها مساحات تماس اكبر بين الدقائق مما يؤدي الى حدوث التصليد الانفعالي بسبب ارتفاع درجة الحرارة. لذا فان معدل البلى يتناسب عكسيا مع نصف القطر في هذه المنطقة. اما السبب الثاني يرجع الى وجود دقائق البلى الطليقة تتجمع بمسار العينة المنزلقة على القرص الدوار، اذ يظهر دورها في هذه المنطقة بتقليل معدل البلى التي تعمل على تسطح النتوءات

الحادة للقرص بسبب ملء الفجوات وتقليل حدة النتوءات للسطحين المنزلقين مما يسبب زيادة في القوة اللازمة لقص نقاط الاتصال ولذلك يقل معدل البلى [24,78].



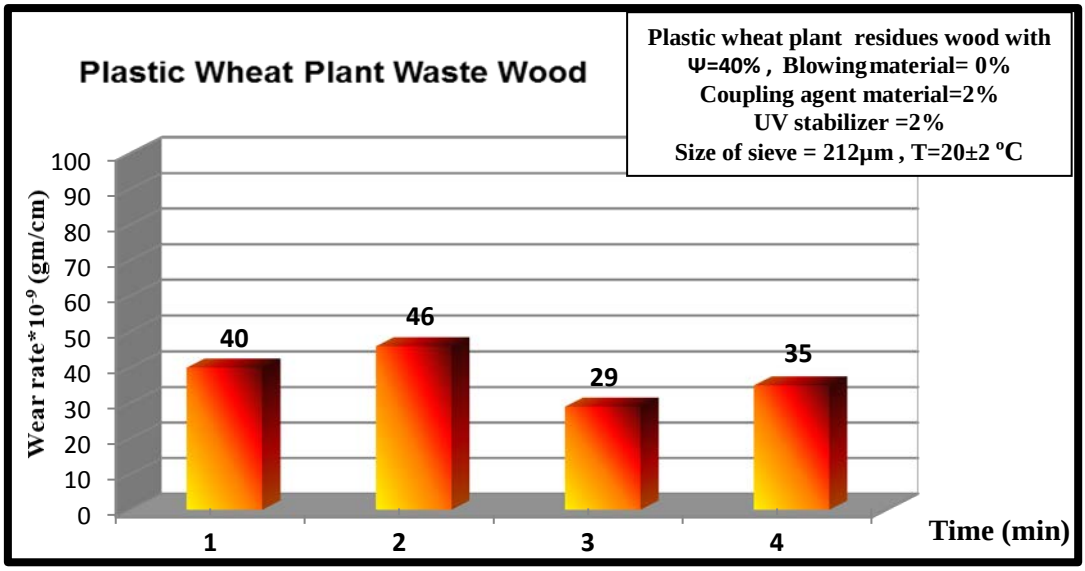
الشكل (4-28) العلاقة بين معدل البلى وزيادة نصف قطر الانزلاق

تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، الزمن 1min).

(4-3-3-3) تأثير تغير زمن الانزلاق في معدل البلى

Effect of Change Sliding Time on Wear Rate

تمت دراسة تأثير تغيير زمن الانزلاق على معدل البلى لمتراكب مخلفات الحنطة الخشبي البلاستيكي بالأزمان المعتمدة (4,3,2,1)min مع تثبيت جميع ظروف التشغيل الاخرى. اذ يلاحظ من خلال الشكل (4-29) ان حطام ومعدلات البلى في المتراكبات الخشبية البلاستيكي تعتمد على زمن الانزلاق. ويعزى سبب ذلك الى حدوث عملية الحرث الاولي لقمم نتوءات سطح العينة المصحوبة بتناثر حطام البلى البوليميري في اخاديد سطح القرص المعدني مما يجعل هذه الاخاديد سرعان ما تمتلئ بالحطام مع استمرارية الحرث وزيادة زمن الانزلاق، مؤدية بذلك الى زيادة مساحة التلامس الحقيقية بين السطحين وبالتالي فان الاجهاد الانضغاطي يكون واطئا عند نقاط التماس ويقود الى حدوث انخفاض تدريجي في حطام ومعدلات البلى، وهذا ما يلاحظ عند زمن انزلاق مقداره (3min). وعند زمن الانزلاق (4min) ونتيجة لاستمرارية الحركة بين السطحين المتلامسين ترتفع درجة الحرارة بشكل كبير وهذا يسبب زيادة في مساحة التلامس الحقيقية مما يقود ذلك الى عمليات النزع الكبيرة للنتوءات وتكون نفايات التأكل المتولدة كبيرة الحجم نسبيا تسلط ضغط عالياً عند قمم النتوءات الحادة مؤدية بذلك الى ارتفاع في قيم معدلات البلى [77,18].



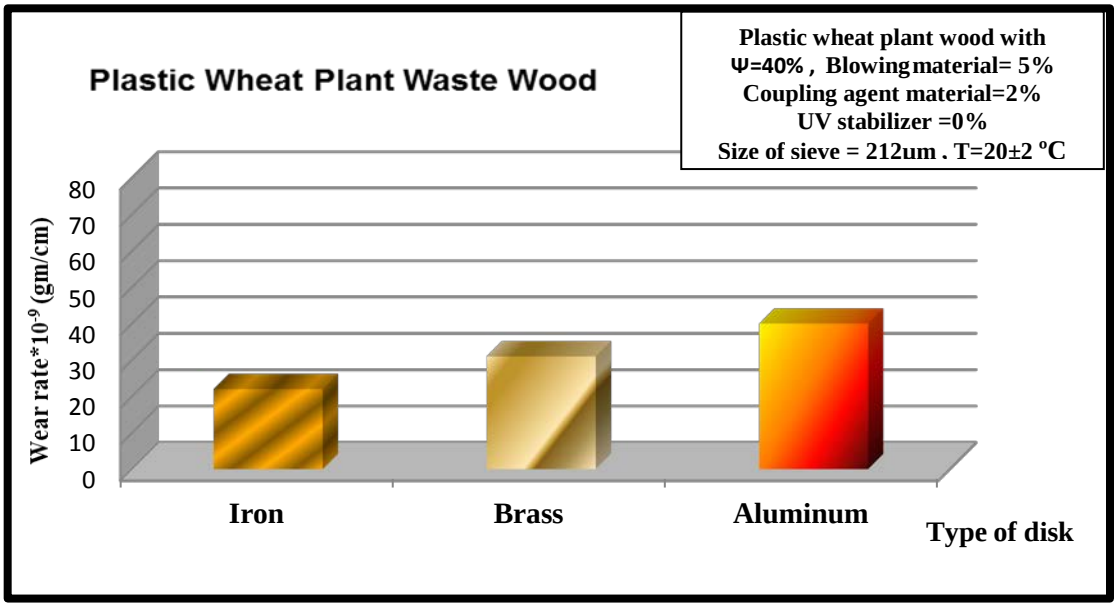
الشكل(4-29) العلاقة بين معدل البلى وزيادة زمن دوران القرص
تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm).

(4-3-3-4)تأثير تغير نوع القرص الدوار على معدل البلى

Effect of Change Rotor Disk Type on Wear Rate

اظهرت نتائج الاختبارات العملية ان تغير نوع قرص الدوار يعطي تباين في معدل البلى لعينات متراكبات مخلفات نبات الحنطة البلاستيكي اي عند انزلاقها على الاقراص الثلاثة المستعملة المصنوعة من [الالمنيوم(Aluminum)، النحاس الاصفر(Brass)، الحديد (Iron)] مع تثبيت ظروف التشغيل ومن خلال الشكل (4-30) تبين ان اعلى قيم معدل البلى كانت عند انزلاق العينة متراكب خشب الحنطة البلاستيكي على قرص الألمنيوم بمقدار(40×10^{-9} (gm/cm)) ثم تليها العينة المحتكة على قرص النحاس بمقدار (31×10^{-9} (gm/cm)) وتحتل العينة المنزلقة على قرص الحديد المرتبة الاخيرة، اذ يكون لها معدل البلى منخفض (22×10^{-9} (gm/cm)) يعزى ذلك الى ان كلا السطحين المحتكين للعينة المتراكبة والقرص الدوار يتكونان من نتوءات واخاديد وان بداية التلامس بين السطحين يحصل عند النتوءات الحادة لذلك فأن الاجهاد يتركز على النتوءات الحادة والذي يؤدي الى حصول تشوه لدن لهذه النتوءات نتيجة زيادة الاحتكاك الذي يرفع بدوره من قيمة درجة الحرارة المتولدة ما بين السطحين والتي لها تأثير في معدل البلى اذ تزيد ليونة عينة المادة وهذا يؤدي الى زيادة الالتصاق ما بين نتؤات السطحين وبالتالي يمكن تفسير اختلاف قيم معدل البلى للقراص الثلاث من خلال التوصيلية الحرارية المختلفة التي تكون لقرص الألمنيوم اعلى من قرص النحاس الاصفر (Brass) وهما بدورهما اعلى من قرص الحديد وبالنتيجة يسبب ارتفاع درجة حرارة المتولدة ما بين سطحين المتلامسين ارتخاء الاواصر وقوى الترابط الجزيئية للمادة المتراكبة مما

يجعل معدل البلى عالي، اما عند انخفاض درجة حرارة السطحين المحتكين فهذا يسبب حدوث حالة شد في الروابط الموجودة بين السلاسل الجزيئية مما يقوم بتقييد حركتها وبالتالي تنخفض معدلات البلى، وهذا يطابق ما توصل اليه الباحثان من النتائج العملية [106,78].



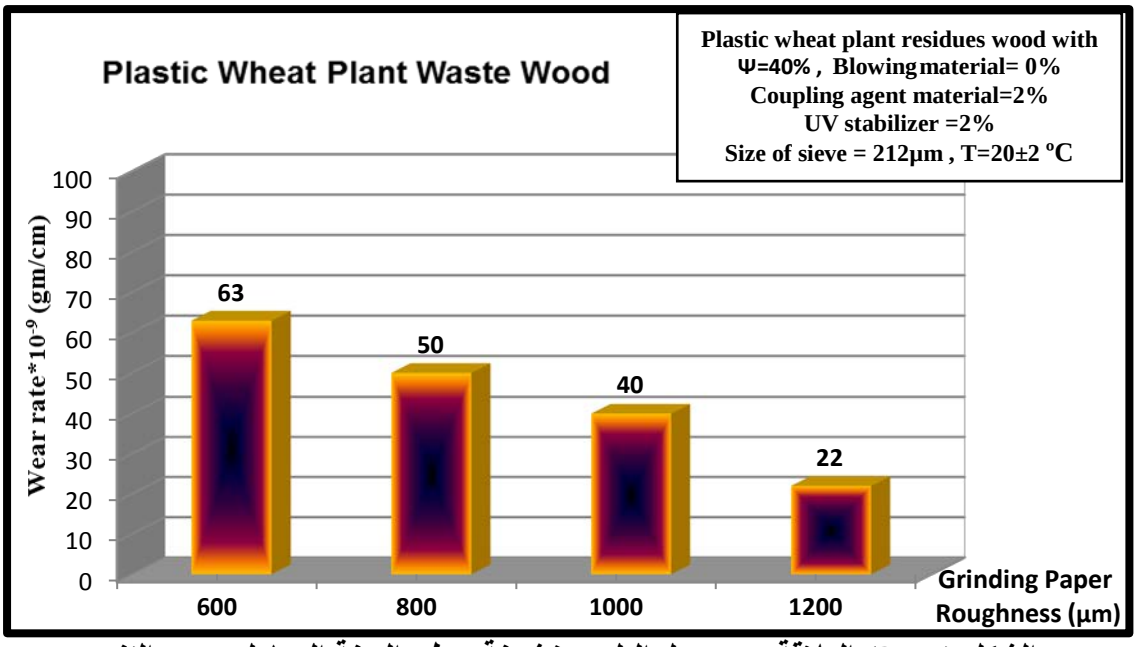
الشكل(4-30) العلاقة بين معدل البلى ونوع القرص الدوار

تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).

(4-3-3-5) تأثير تغير خشونة سطح العينة على معدل البلى

Effect Change Surface Roughness of Sample on Wear Rate

تتم عملية الاختبار من خلال معاملة سطح العينات المتراكبة بأربعة انواع مختلفة من ورق التنعيم بدرجات خشونة تساوي (1200,1000,800,600)µm كما مبين في الشكل (4-31) يلاحظ ان قيم معدل البلى تنخفض مع نقصان خشونة سطح العينة للمتراكب الخشبي البلاستيكي. وان سبب هذه الارتفاع في القيم يعود الى ان كلما كانت خشونة سطح العينة اكبر تزداد فيه عدد النتوءات الحادة المتلامسة ما بين العينة والقرص المعدني الدوار وحصول تشابك ما بين نتوءات السطحين المتلامسين، اذ ان نتوءات القرص ستقتلع جسيمات الانموذج التي تنتشر خلال مسارات ميكانيكية البلى وبذلك تزداد كمية حطام البلى نتيجة زيادة درجة الحرارة بفعل الاحتكاك الحاصل الذي يؤدي الى ارتفاع درجة الحرارة مما تسبب زيادة في ليونة المادة التي تؤدي الى تكسر الاواصر بين السلاسل زيادة الالتصاق ما بين السطحين المتلامسين وتوليد فجوات هوائية مسببة توليد الشقوق على السطح مما ينتج عنه تكوين دقائق مخلفات البلى (الحطام) وزيادة معدلاته بشكل كبير، اذ يزداد تدريجياً (بلى خفيف) مع زيادة خشونة السطح إلى أن يصل إلى أعلى قيمة له (بلى شديد) عند السطح الاعلى خشونة . الذي يفسر منه النقصان الحاصل في كتلة العينة وتلون سطح القرص المعدني بلون قريب من مادة العينة، وهذا يتطابق مع ما تم الحصول عليه من قبل(T. Korpela) وجماعته [107].



الشكل (4-31) العلاقة بين معدل البلى وخشونة سطح العينة المعامل بورق التنعيم تحت ظروف تشغيل (الحمل 10N، نصف قطر الانزلاق 7cm، الزمن 1min).

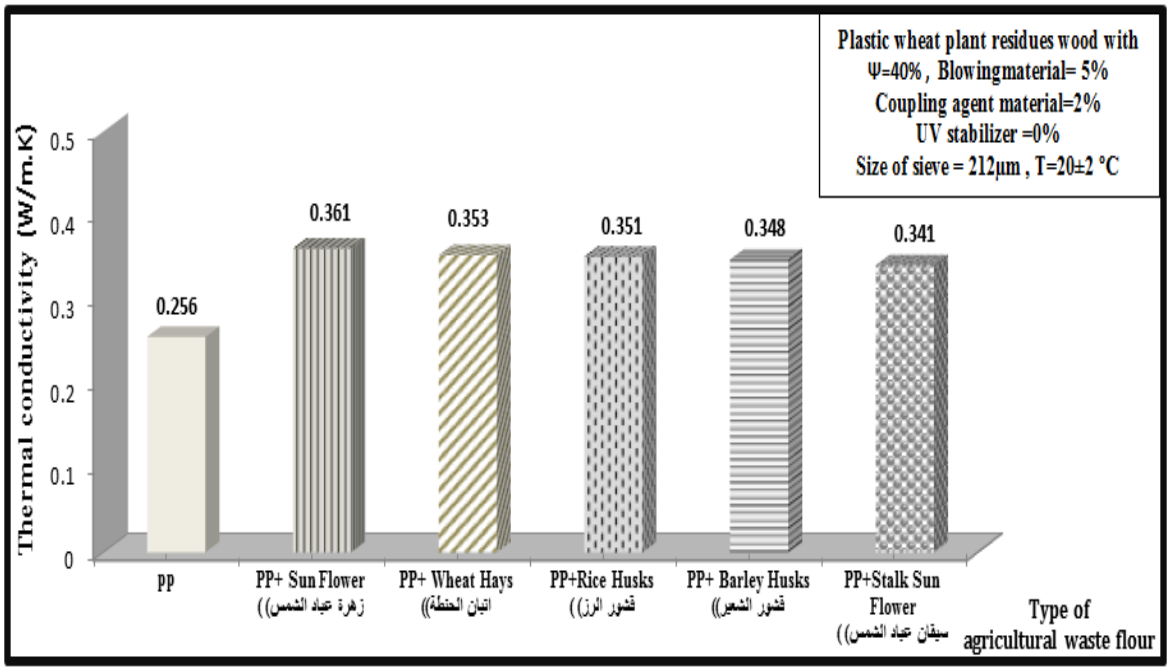
(4-4) اختبار التوصيلية الحرارية Thermal Conductivity Test

إن عملية انتقال الطاقة الحرارية عبر المادة الصلبة تعد من اهم الظواهر الفيزيائية التي يمكن من خلالها دراسة وتفسير تأثر المادة بالحرارة وهو ما يعرف بالتوصيل الحراري. اذ ان الية التوصيل تحصل عند وجود فرق في درجات الحرارة يقود الى تولد الفيض الحراري الذي يستمر حتى تصبح قيمة الانحدار (Gradient) في درجات الحرارة مساوية للصفر نتيجة انتقال التلقائي للطاقة من الموضع ذو الدرجة الحرارة الأعلى الى الموضع ذو الدرجة الحرارة الأدنى [88,87].

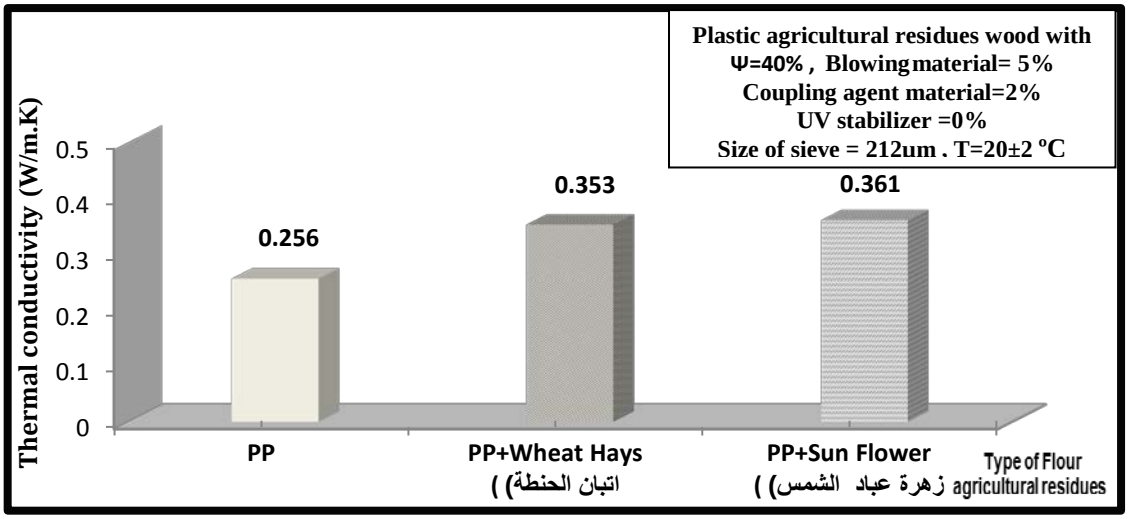
بينت النتائج العملية لاختبار التوصيلية الحرارية عند تدعيم بولي بروبلين بنوع واحد من مسحوق المخلفات الزراعية المستعملة في هذه الدراسة وكما ذكرنا مسبقا سيتم مقارنة نتائج المتراكب المدعم بمخلفات نبات الحنطة مع المتراكبات المدعمة الاخرى كما في الاشكال (4-32)(A33-4)(B33-4)(C33-4)(D33-4).

اذ نلاحظ ان التوصيلية الحرارية للمادة المتراكبة المدعمة بمسحوق زهرة عباد الشمس (PP+ Sun Flower) اظهرت قيمة عالية للتوصيلية الحرارية (K) التي اعطت مقدار (0.361 W/m.K) تلتها النماذج المدعمة بمسحوق مخلفات نبات الحنطة (P.P+ Wheat Hays) بلغت (0.353 W/m.K) ومن ثم المادة المتراكبة المدعمة بمسحوق قشور الشعير (PP+ Barley Husks) (0.351 W/m.K) وفي النهاية يأتي البولي بروبلين غير المدعم الذي يمتلك اوطأ قيمة للتوصيلية الحرارية بالمرتبة الاخيرة الذي يساوي (0.256 W/m.K). اما التدعيم بنوعين من المخلفات

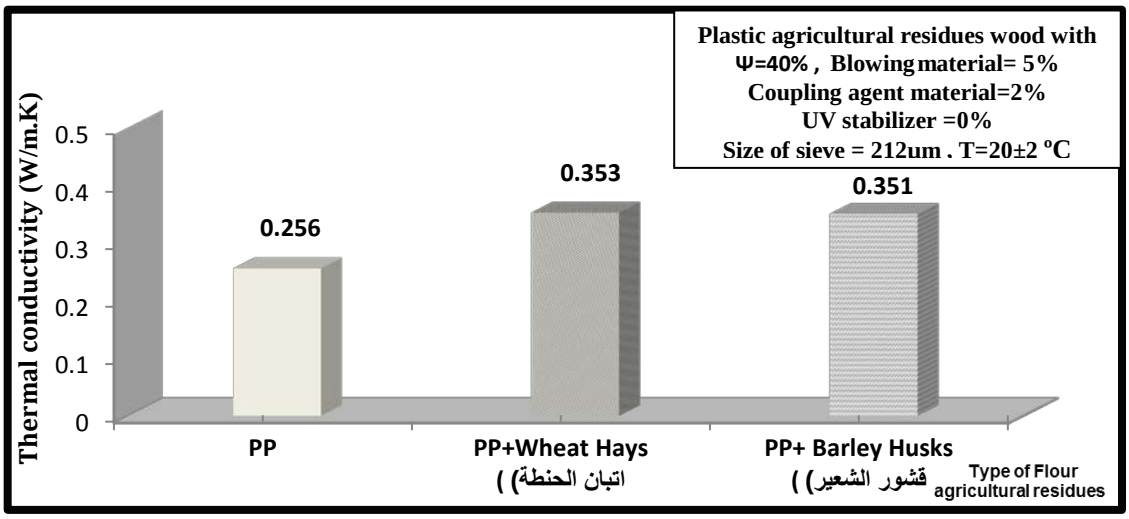
الزراعية [20% اتبان نبات الحنطة (WH) +20%المخلفات الزراعية الاخرى] أو تهجين جميع انواع المخلفات الزراعية الاربعة المستعملة وبنسبة كسر وزني (10%) من كل مادة وتدعيمها للمتراكب البلاستيكي، فقد اظهرت تغيراً في قيم التوصيلية الحرارية فنلاحظ هنالك تحسن في القيم وكما موضح في الاشكال(4-34)(4-A35)(4-B35)(4-C35)(4-D35)(4-36) ان تفسير ذلك يكمن في تأثير التدعيم بالدقائق لهذه المخلفات الزراعية يمكن وصفه بوساطة التوزيع الاحصائي للعيوب في المادة المتراكبة، فعند اضافة الدقائق الى البولي بروبلين فان ذلك يؤدي الى زيادة في عدد الحواجز المانعة او المعيقة لنمو الفراغات الدقيقة جدا (Micro Void) التي تعرف بالفجوات الهوائية وهي افضل عازل حراري وتقليل عددها وحجمها بين دقائق الحشوة تؤدي الى زيادة التركيز داخل البوليمر وبالتالي تقل نسبة الوسط العازل. هذا الامر ادى الى تقليل احتمالية التشتت للفونونات في عدة تركيبات او بناءات معقدة للمتراكبات الخشبية البلاستكية مما يؤدي الى زيادة التوصيلية الحرارية للمادة المتراكبة[17,12].



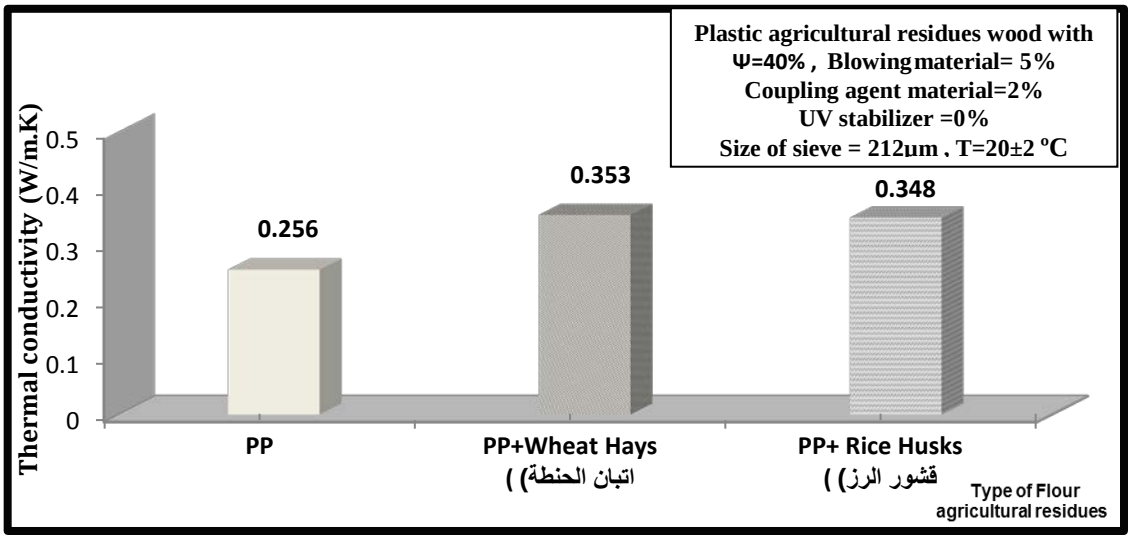
الشكل (4-32) التغير في قيم التوصيلية الحرارية لجميع نماذج البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المستعملة.



الشكل(A33-4)

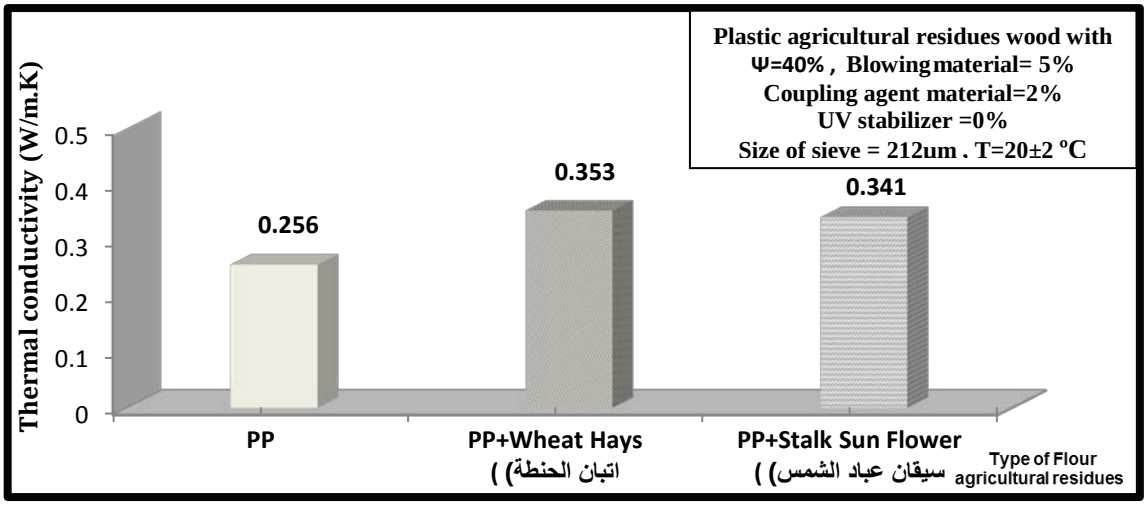


الشكل(B33-4)

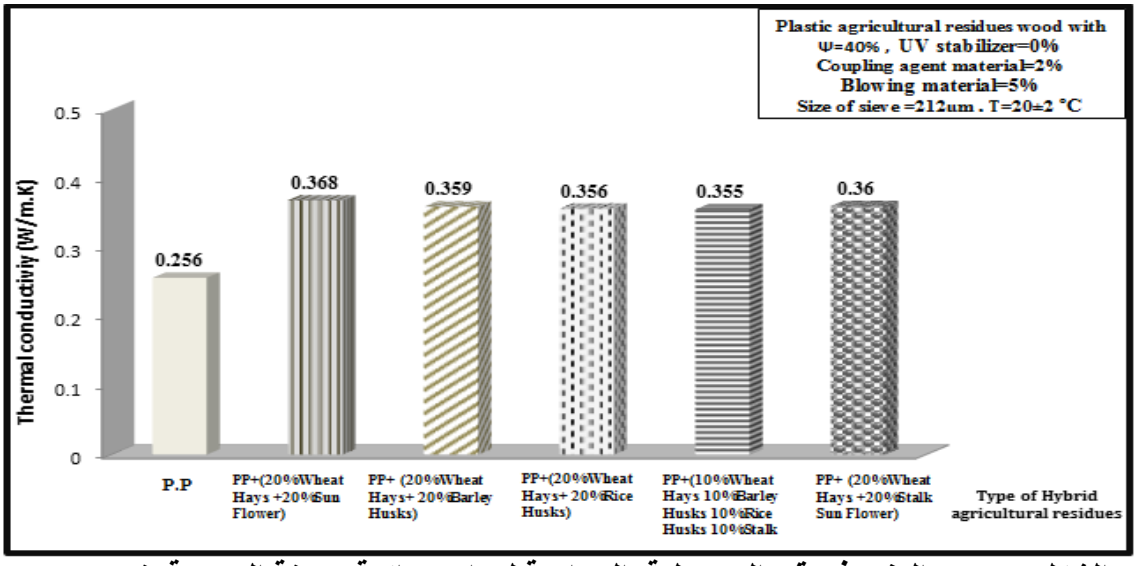


الشكل(C33-4)

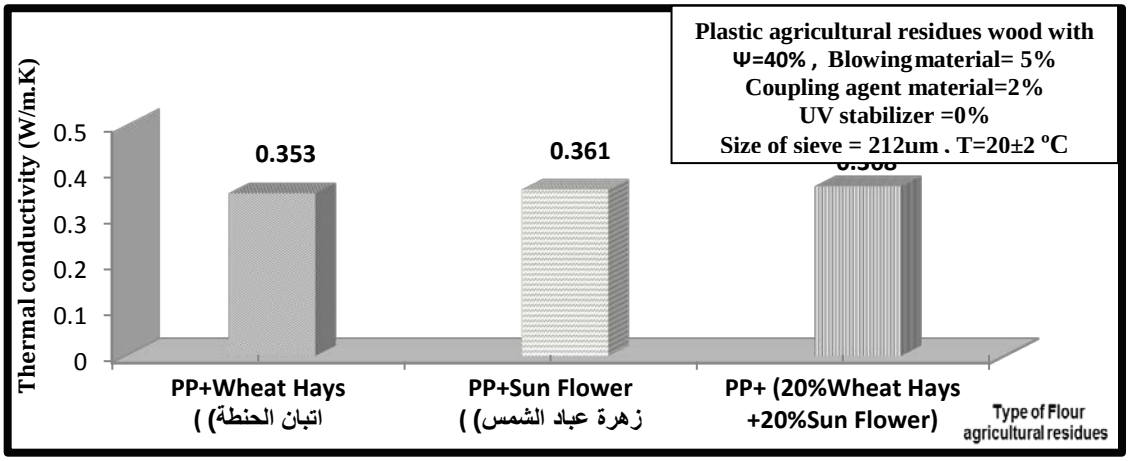
الاشكال(A33-4)(B33-4)(C33-4) تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على التوصيلية الحرارية لنماذج متراكبات المخلفات ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure)ومتراكب أتبان الحنطة



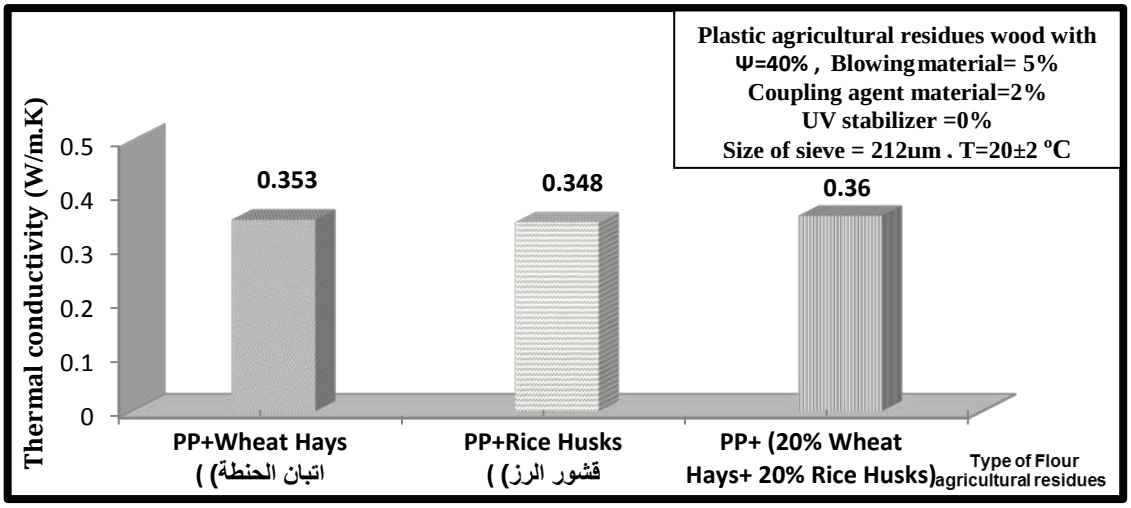
الشكل(D33-4) تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم التوصيلية الحرارية لنماذج المتراكبات سيقان عباد الشمس ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة.



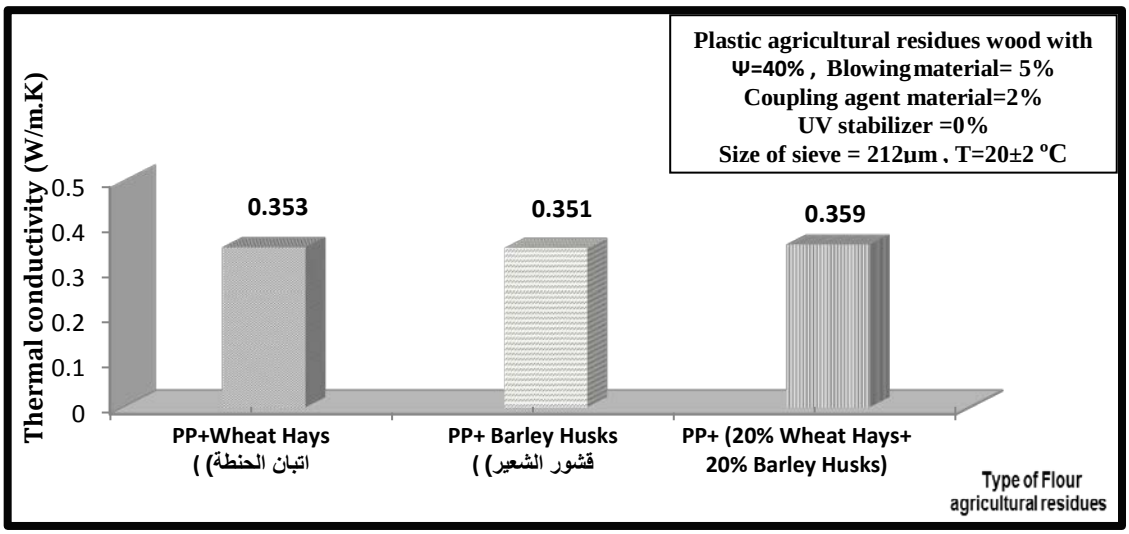
الشكل (34-4) التغير في قيم التوصيلية الحرارية لمواد متراكبة هجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية المستعملة.



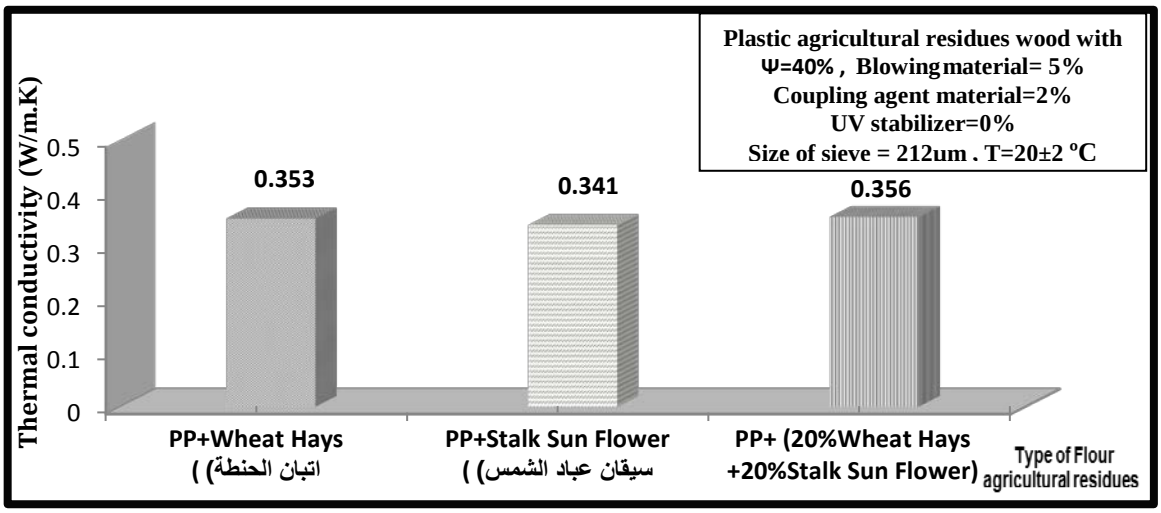
الشكل (A35-4) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم التوصيلية الحرارية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد.



الشكل(B35-4)

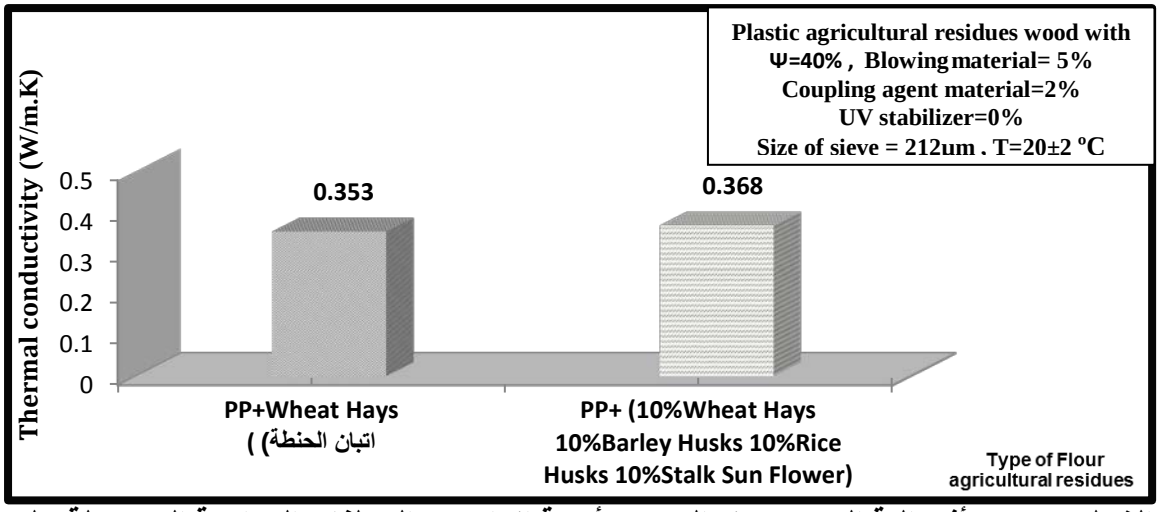


الشكل(C35-4)



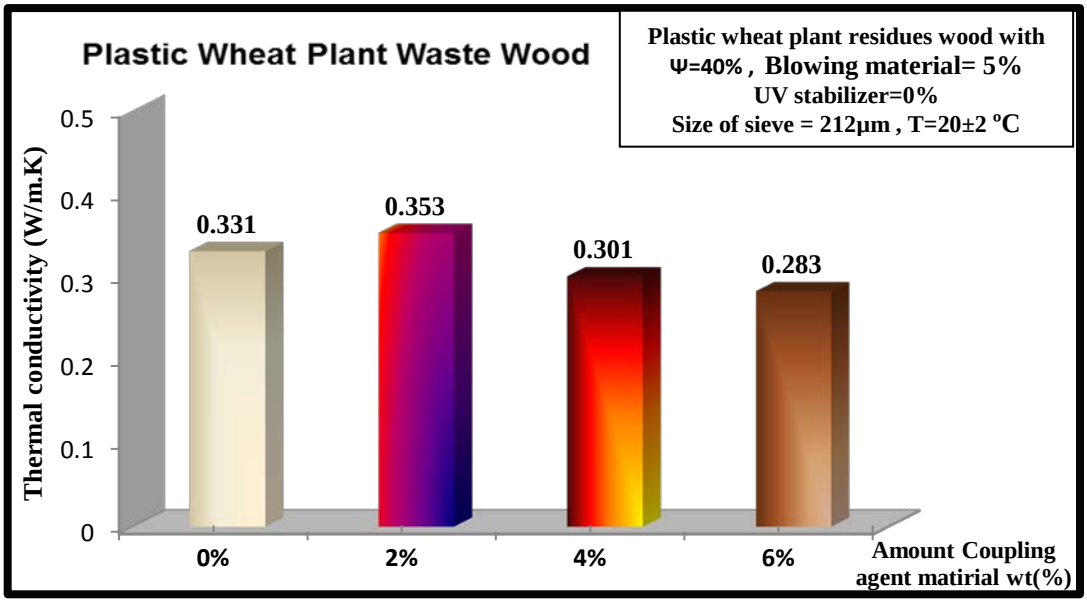
الشكل(D35-4)

الاشكال(B35-4)(C35-4)(D35-4) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية على قيم التوصيلية الحرارية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد.



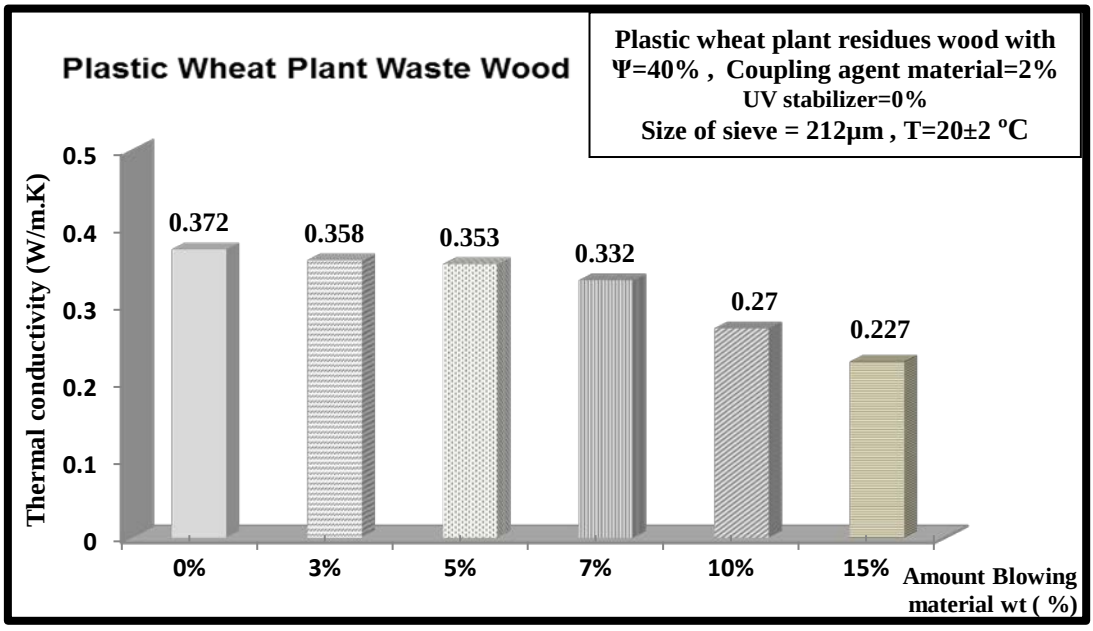
الشكل (4-36)تأثير الية التهجين عند التدعيم بأربعة انواع من المخلفات الزراعية المستعملة على قيم التوصيلية الحرارية ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays)

اظهرت النتائج التي حصلنا عليها من هذا الاختبار الموضحة في الشكل (4-37). ان المادة المتراكبة المدعمة بمسحوق اتبان الحنطة المعاملة بالمادة السيلانية تبدي توصيلية حرارية عالية مقارنة مع النموذج غير المعامل ويعزى ذلك لتحسين قوة الترابط البينية في منطقة السطح البيني (Region Interface) المؤدية الى التغير في التركيب المسامي بعد أضافة عامل الربط ، اذ ان السلاسل البوليمرية تملك بنية عشوائية الترتيب وأن كانت ترتبط مع بعضها البعض بشكل انتظامي علاوة على ذلك وجود ما يعرف بالحجم الحر ضمن بنية التركيب البوليمرية[19]، كما ان عدم الانتظام في البنية ووجود فجوات هوائية متكونة بين جزيئات البوليمر من جهة وبين دقائق مادة التدعيم والبوليمر من جهة اخرى، كل هذا يؤدي الى صعوبة عملية انتقال الطاقة الحرارية من طرف الى اخر داخل البنية . فالحرارة كما هو معروف تنتقل على هيئة موجات مرنة ضمن بنية المتراكب البوليميري وبالتالي زيادة كثافة الترابط ما بين دقائق مواد التدعيم والبولي بروبلين من خلال اضافة المادة الرابطة السيلانية التي اعطت قيم توصيلية حرارية عالية عند النسبتين (2-4)% ، اذ ان التوصيلية الحرارية تعتمد على كثافة العازل لان جزيئات المادة تلمس احداها الاخرى مولـدة بذلك توصيلية عالية اما فيما يتعلق بالمتراكبات الخشبية التي اضيف لها نسبة وزنية (6%) من المادة السيلانية ينجم عن هذه النسبة المرتفعة انخفاض التوصيلية الحرارية التي وصلت (0.283W/m.K) وذلك لانخفاض قيمة زاوي التمـاس (Contact Angle) مع مـواد التدعيـم السليلوزي لذا ينتج الاذى لدقائق خشب اتبان الحنطة البلاستيكي بانتفاخه (Swelling) عبر الية الانتشار والتغلغل التي سوف تعاني من الاجهادات الداخلية (Avoiding Internal Stresses) مسببة هذا الانخفاض[20,16].



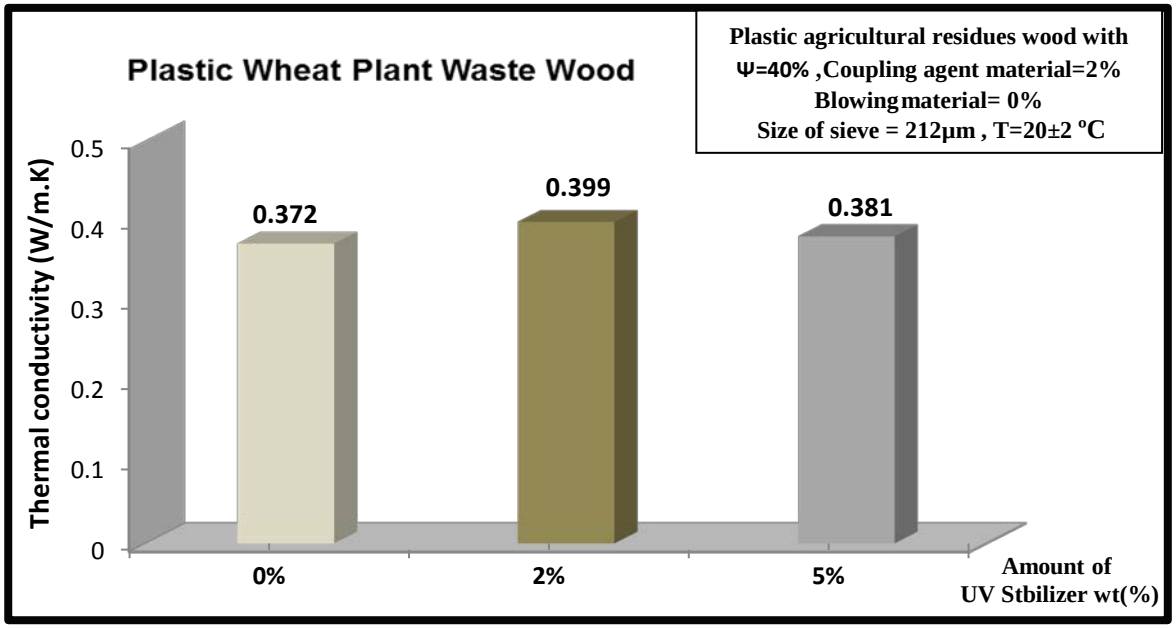
الشكل (4-37) تأثير تغير نسب المادة الرابطة السيلانية على التوصيلية الحرارية لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.

يظهر انخفاض قيم التوصيلية الحرارية عند معاملة متراكب المخلفات نبات الحنطة البلاستيكي بالمادة النافخة وبنسب وزنية مختلفة ما بين (0-15%). كما يبين الشكل (4-38) ان التوصيلية الحرارية تبدا بالانخفاض مع زيادة نسبة المادة النافخة اذ وجد انه عند نسبة اضافة (3%) التي بلغ مقدار (0.356W/m.K) لتصبح في اقل حالاتها التوصيلية عند نسبة اضافة (15%) بلغت (0.227 W/m.K)هذا يعني زيادة تحطيم الاواصر بين السلاسل الجزيئية البوليمرية وتكون مسامات وفجوات في داخل عينة المتراكب مسببة عيوب داخلية وسطحية يؤدي الى عزل فراغي بين الجزيئات يحد من قيمة الاهتزازية للفونونات الشبيكة مما يقلل من التوصيلية الحرارية [26].



الشكل (4-38) تأثير تغير نسب المادة النافخة على التوصيلية الحرارية لأخشاب الحنطة البلاستيكي.

يلاحظ خلال فترة الاختبار ان تعرض نماذج متراكبات الخشب البلاستيكي الى الظروف الجوية وخاصة الاشعة الفوق البنفسجية التي تؤدي الى اضعاف في بنية المتراكب مسببة عيوب داخلية وسطحية، ويكون المتراكب البلاستيكي صامد امام تفاعلات الاكسدة الضوئية اضيفت له مادة مضادات الاكسدة[104]، وكما مبين في الشكل(4-39) اذ لوحظ حصول زيادة في قيمة التوصيل الحراري للنموذج المضاف له (2%) من المضادات عن النموذج الخالي منها (0.027 W/m.K) كما لوحظ ومن خلال الشكل ذاته ان قيم التوصيلية تنخفض بزيادة نسبة المضادات الى (5%) وهذا الانخفاض يفسر بان المادة لعبت دوراً سلبياً في تغير البنية بحدوث تكتلات تؤدي الى ضعف الترابط و التأصر ما بين مكونات المادة المتراكبة وبالتالي انخفاض في التوصيلية الحرارية .

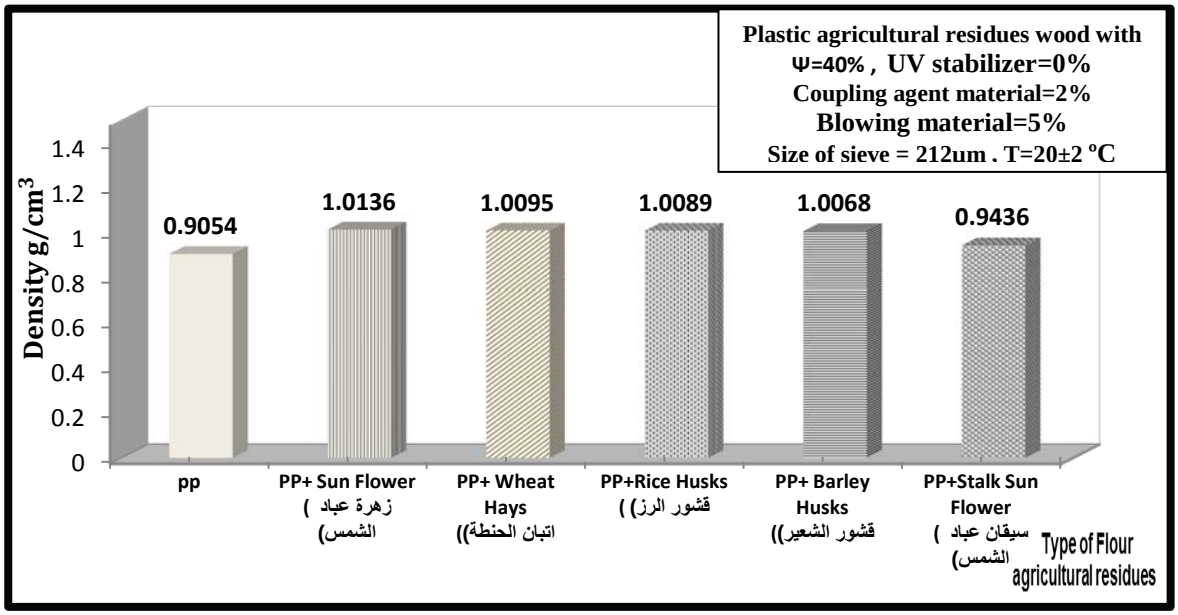


الشكل (4-39) تأثير تغير نسب مضادات الاكسدة على التوصيلية الحرارية لاخشاب الحنطة البلاستيكي.

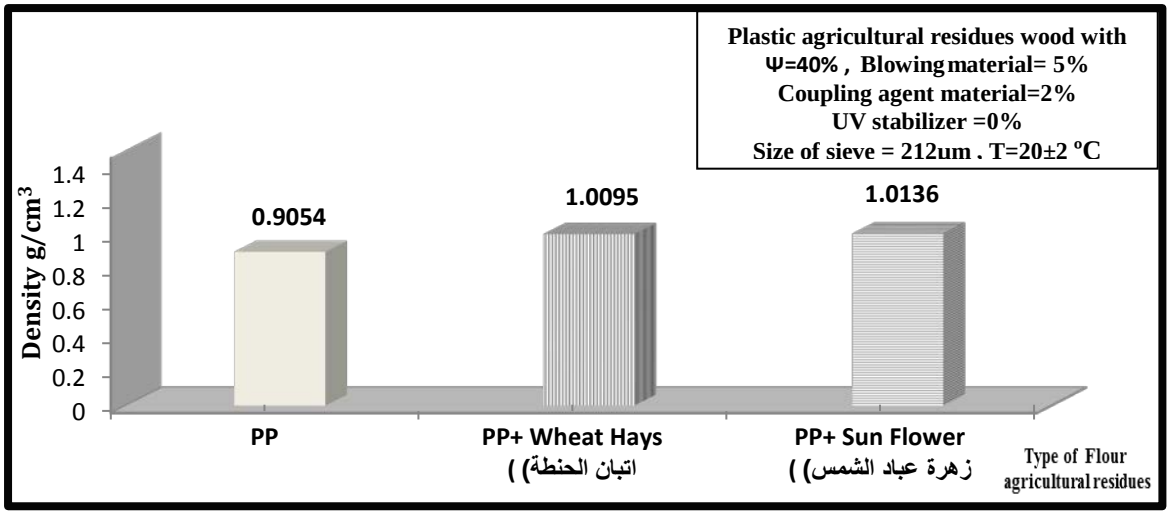
(4-5)اختبار الكثافة الحجمية Bulk Density Test

يعد اختبار الكثافة من الخصائص الفيزيائية المهمة للبوليمر، اذ تعطي فكرة واضحة عن المسافات بين جزيئاته التي يمكن الاستفادة منها في الكثير من التطبيقات الصناعية. ومن الاشكال(4-40) (A41-4)(B41-4)(C41-4)(D41-4)(42-4)(A43-4)(B43-4)(C43-4)(D43-4)(44-4). نلاحظ ان قيمة الكثافة الحجمية لبولي بروبلين غير المدعم (Pure PP) تساوي ($0.9054g/cm^3$) التي تزداد عند تدعيم هذا البوليمر بنوع واحد او نوعين من مسحوق مخلفات الزراعية المستعملة او تهجين اربعة انواع من المخلفات الزراعية المستعملة مع بعضها وبنسبة (10%) لكل نوع في المتراكب البلاستيكي أي ان عملية التدعيم قد رفعت من قيم الكثافة للمتراكبات.

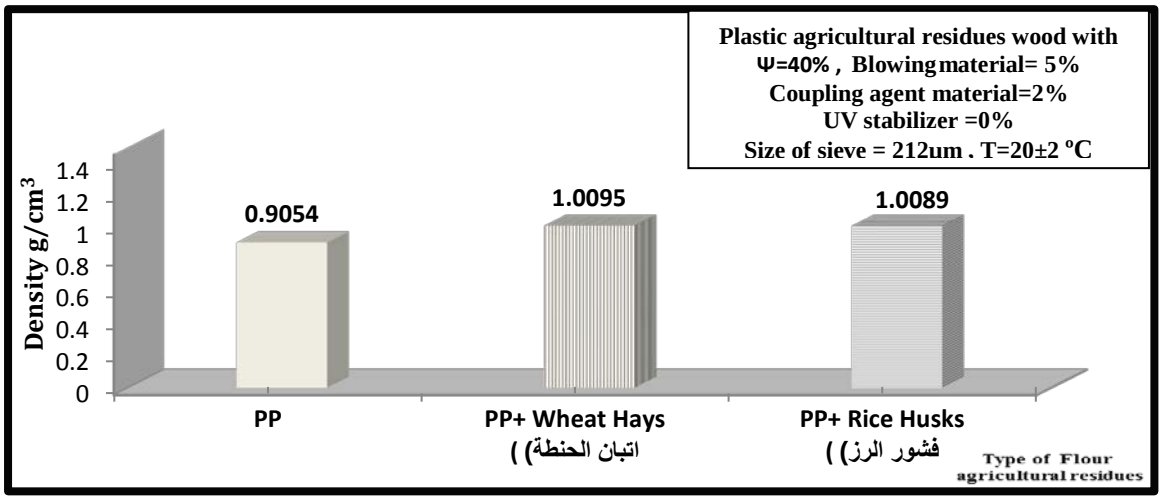
اذ نلاحظ عند التدعيم بنوع واحد فان اعلى قيمة للكثافة كانت لنماذج المواد المتراكبة المدعمة بمسحوق زهرة عباد الشمس(P.P+ Sun Flower) بمقدار ($1.0136g/cm^3$) ثم تبعتها المادة المضاف اليها مسحوق مخلفات نبات الحنطة (PP+ Wheat Hays) التي بلغت ($1.0095g/cm^3$). وامتلك النموذج المدعم بمسحوق(سيقان عباد الشمس) ادنى قيمة كثافة مقارنة مع بقية النماذج. اما من ناحية التدعيم الهجين بنوعين من المساحيق وفق النسبة الوزنية[20% اتبان نبات الحنطة(WH)+20%المخلفات الزراعية الاخرى]،اذ لوحظ ان اعلى قيمة للكثافة عند المادة المتراكبة المدعمة [20% اتبان نبات الحنطة (WH) +20% زهرة عباد الشمس(SF)] تساوي ($1.0224g/cm^3$) اي حصل تحسن قليل عن ما كان في التدعيم بنوع واحد وان اقل قيم الكثافة كانت للمادة المتراكبة المدعمة[(20%اتبان نبات الحنطة (WH) +20%سيقان عباد الشمس(SSF)] تساوي ($0.9588\ g/cm^3$)، لقد اجريت مقارنة ما بين النماذج المدعمة بنوع واحد من المتبقيات الزراعية المكونة للمتراكب وبين تلك المدعمة بنوعين معا. بصورة عامة نجد ان هذه الزيادة في الكثافة يعود إلى ملئ اغلب الفجوات الهوائية الدقيقة جدا (Micro-vacuum) الموجودة في بنية تركيب مادة الاساس البوليميرية المتمثلة بالبولي بروبلين التجاري المتولدة اثناء عمليات التحضير والقولبة من قبل دقائق مسحوق المخلفات الزراعية التي تعمل على الانتشار في داخل بنية المادة المتراكبة المحضرة مما يقلل من حجم وعدد هذه الفجوات الى حدا كبير وبالتالي زيادة كتلة المتراكب الحاصل في الجزيئات فيزداد الترابط بين المسحوق والمادة الاساس بحيث تصبح المادة اكثر تماسكاً وتصلدا مما يزيد من كثافة المتراكب، وهذه النتائج تتفق مع ما توصل اليه الباحث (Qasem) وجماعته[26].



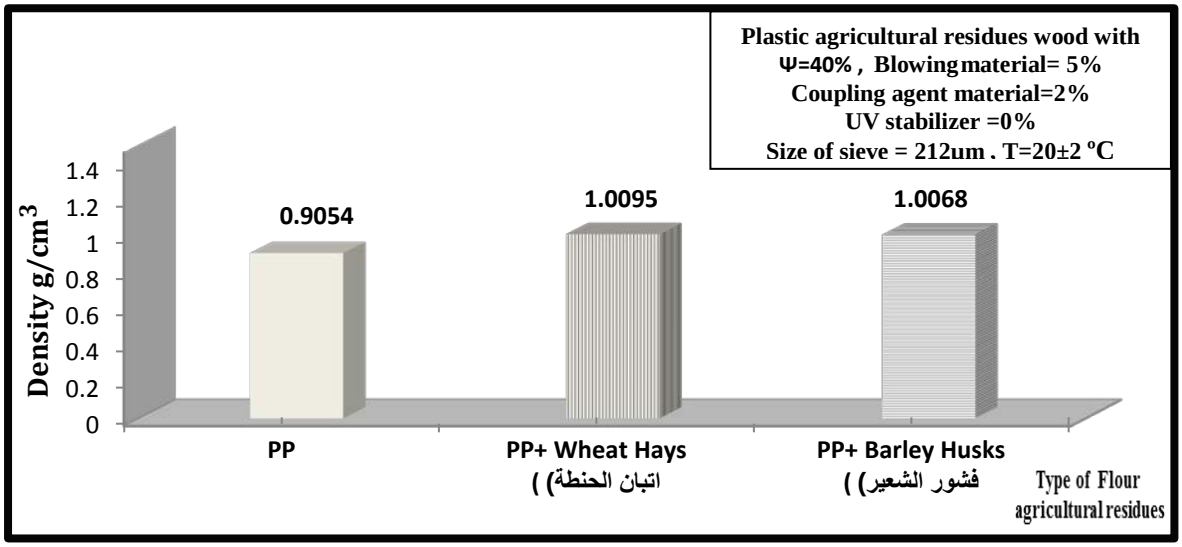
الشكل (4-40) التغير في قيم الكثافة لجميع النماذج البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المستعملة.



الشكل(A41-4)

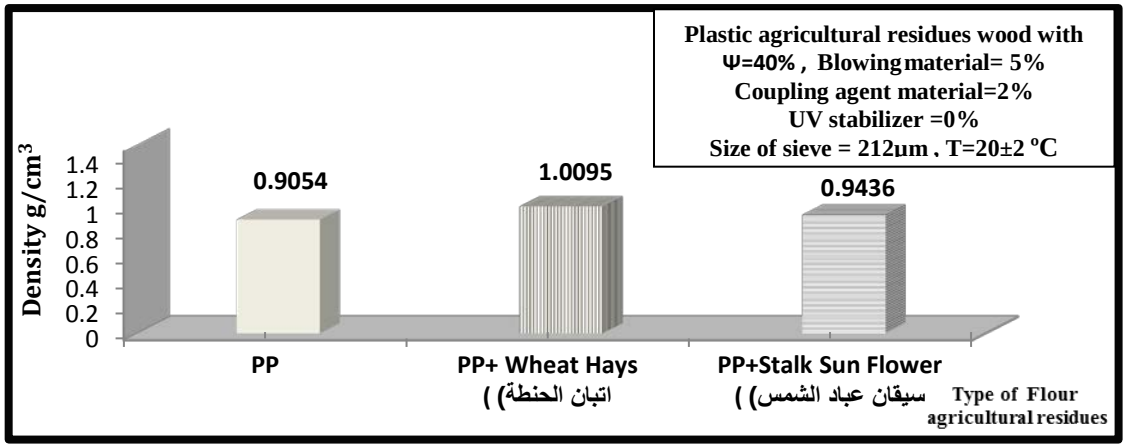


الشكل (B41-4)

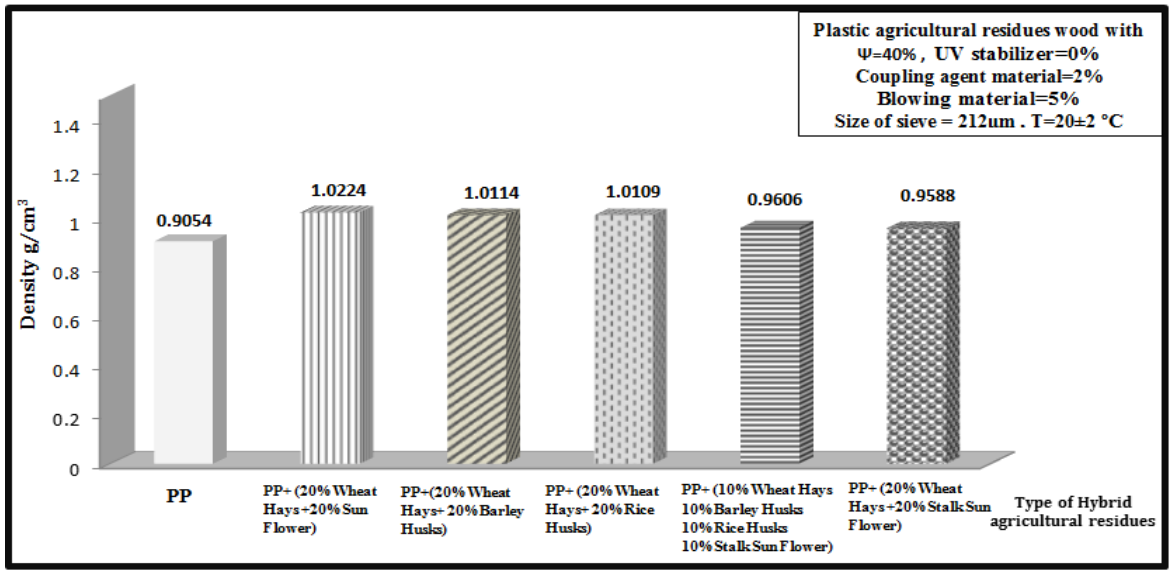


الشكل (C41-4)

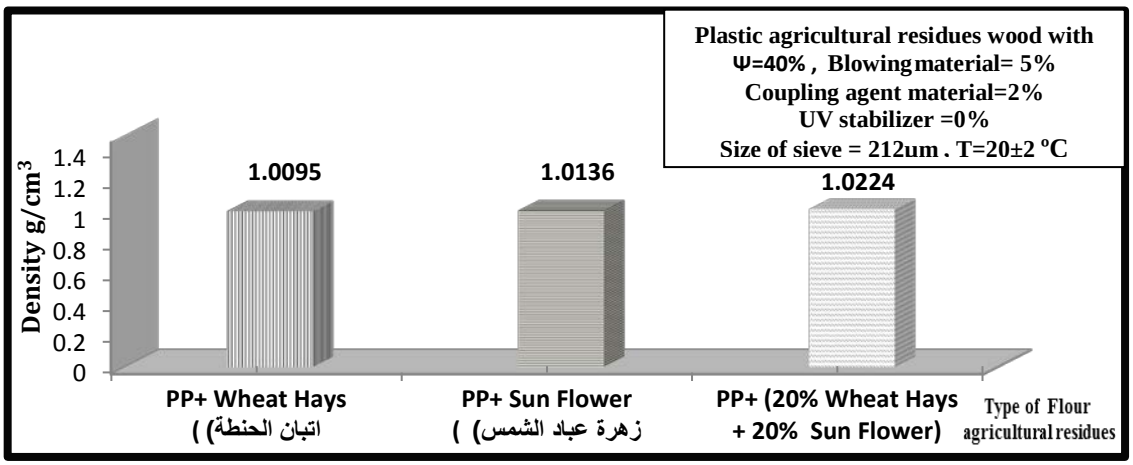
الاشكال(A41-4)(B41-4)(C41-4) تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم الكثافة لنماذج متراكبات المخلفات الزراعية ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة



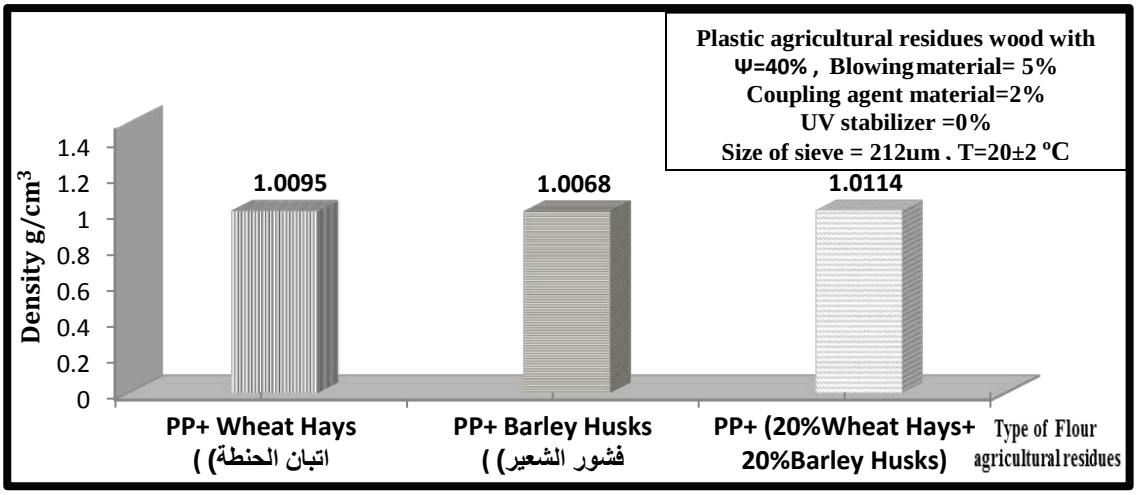
الشكل (4-D41) تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم الكثافة لمتراكبات سيقان عباد الشمس ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة.



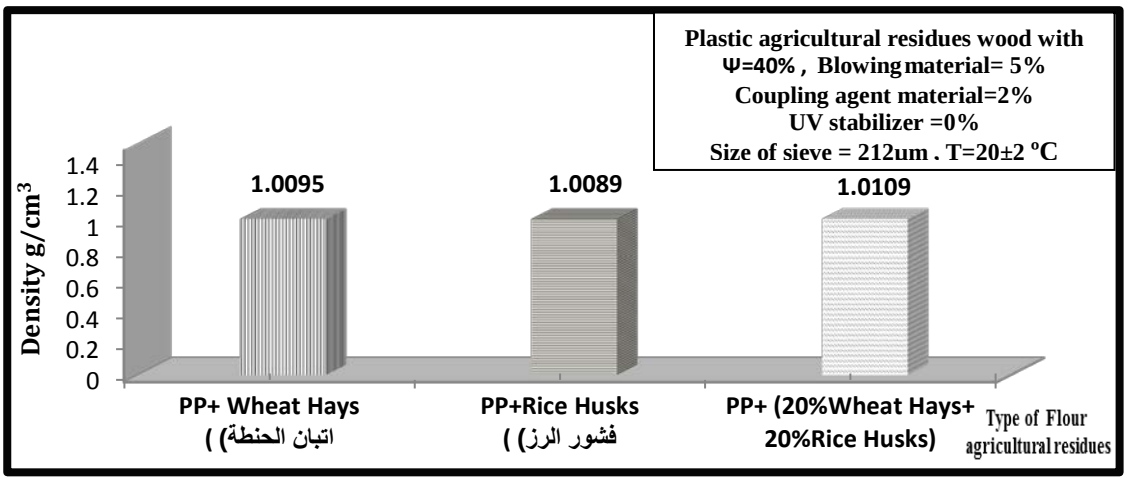
الشكل (4-42) التغير في قيم الكثافة الحجمية للمواد متراكبة هجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية المستعملة.



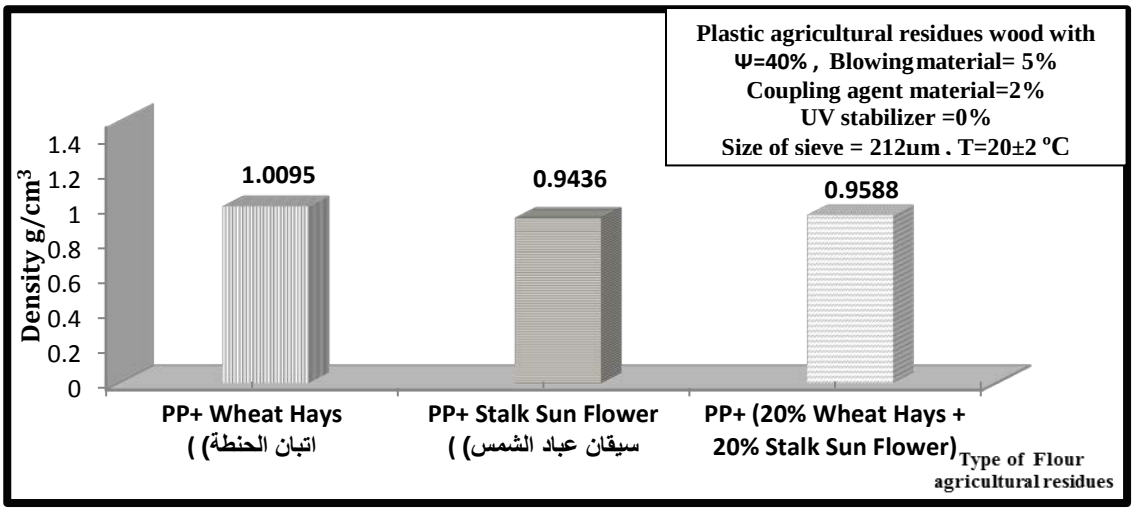
الشكل(4-A43) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم الكثافة الحجمية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد.



الشكل (B43-4)

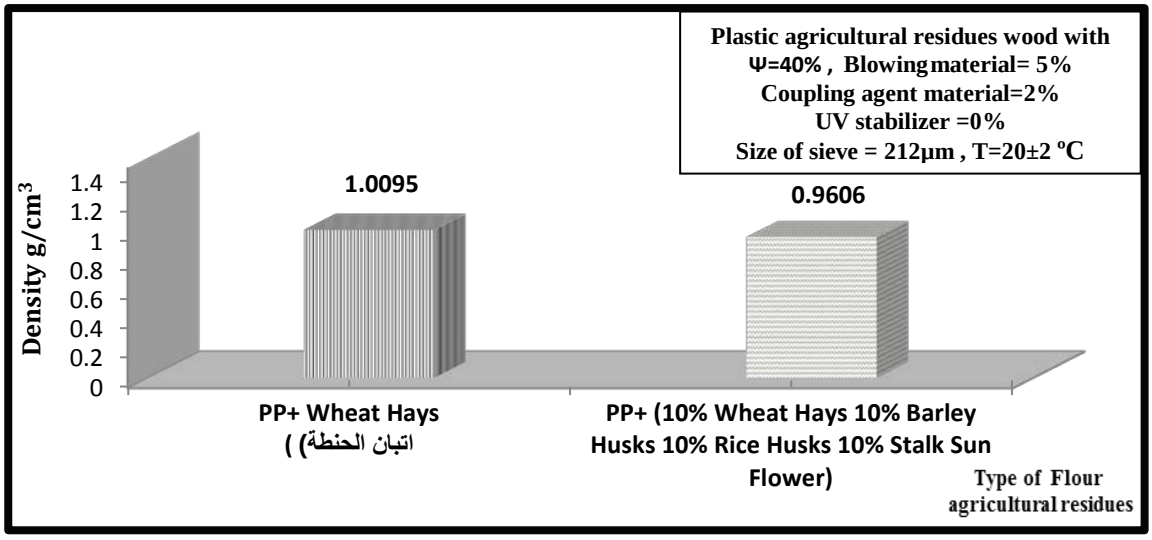


الشكل (C43-4)



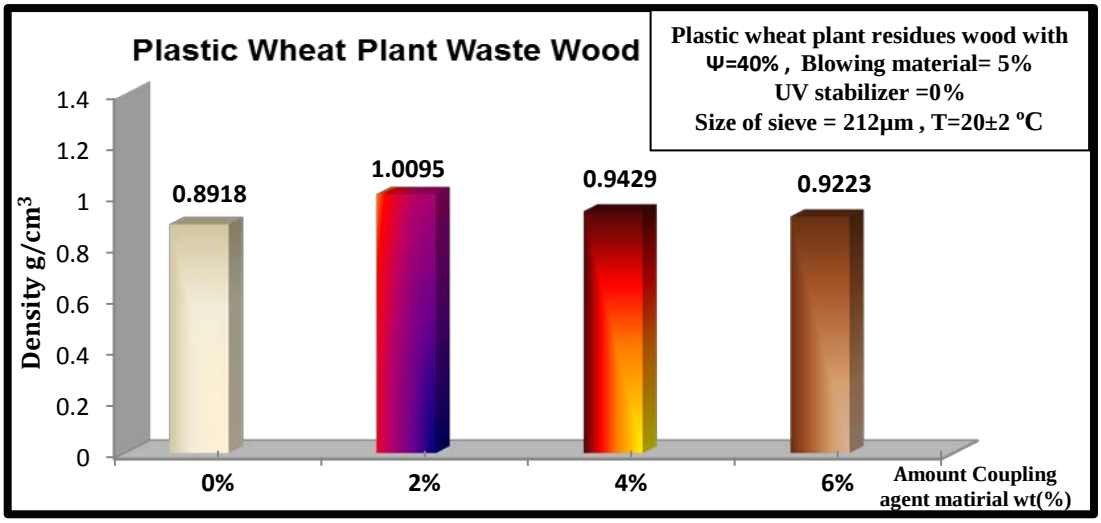
الشكل (D43-4)

الاشكال(B43-4)(C43-4)(D43-4) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم الكثافة الحجمية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد.



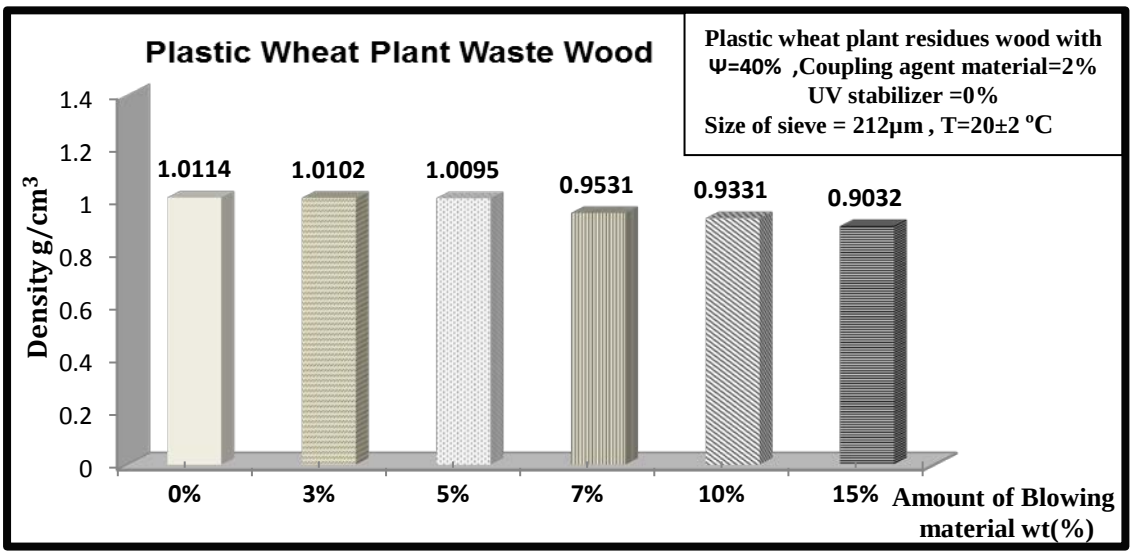
الشكل (4-44) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأربعة انواع من المخلفات الزراعية المستعملة على قيم الكثافة الحجمية ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays).

يتبين من خلال النتائج العملية التي تم الحصول عليها الموضحة في الشكل (4-45) وجود فروق متباينة في كثافة الحجمية عند معاملة الدقائق الخشبية بالمادة السيلانية فقد تفوق خشب اتبان الحنطة البلاستيكي بإعطائه اعلى قيمة للكثافة الحجمية بلغ ($1.0095\ g/cm^3$) عند نسبة (2%) من المادة السيلانية، السبب في ذلك يرجع الى زيادة التشابك والترابط بين مكونات المتراكب مؤدية الى الاندماج الداخلي بين دقائق المسحوق و جزيئات البولي بروبلين اثناء تحضير مصبوبات الخشب البلاستيكي الذي يؤدي الى تصغير حجم المسامات الدقيقة وقلة عددها مما يقود الى نقصان طفيف في حجم ابعاد المتراكب فتزداد كثافته، هذا يشير الى ان اخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة السيلانية تبقى متفوقة في الكثافة الحجمية على خشب اتبان الحنطة البلاستيكي غير المعاملة بالمادة الرابطة الذي سجل فرق يساوي ($0.1177\ g/cm^3$) وان هذا التحسن في الكثافة الحجمية لأخشاب متراكب الحنطة له اثر كبير على الصفات الميكانيكية المختلفة (مقاومة الاحتكاك والصلادة السطحية) وقابلية الامتصاص الرطوبة الذي يدخل هذه الاخشاب ضمن الاخشاب الصلبة، وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث (Rosaa) وزملاءه [16]. في حين سجل خشب اتبان الحنطة البلاستيكي المضاف اليه (4%) من المادة السيلانية كثافة حجمية بلغت مقدار ($0.9429\ g/cm^3$). كما اعطت المقارنة مع الخشب اتبان الحنطة ذي نسبة وزنية (6%) من المادة السيلانية اقل كثافة بلغت ($0.9223\ g/cm^3$) يعزى ذلك النقصان في قيم الكثافة الحجمية الى تولد مسامات بينية دقيقة (Micro Porous) التي تعمل بدورها على تكسر بعض من الاواصر الرابطة في السطح البيني ما بين مادة التدعيم المتمثلة بمسحوق المخلفات والبوليمر مما يضعف من تماسك وترابط جزيئات المتراكب يؤدي بذلك الى انتفاخ بسيط في الابعاد الذي يتناسب عكسيا مع الكثافة الحجمية[26].



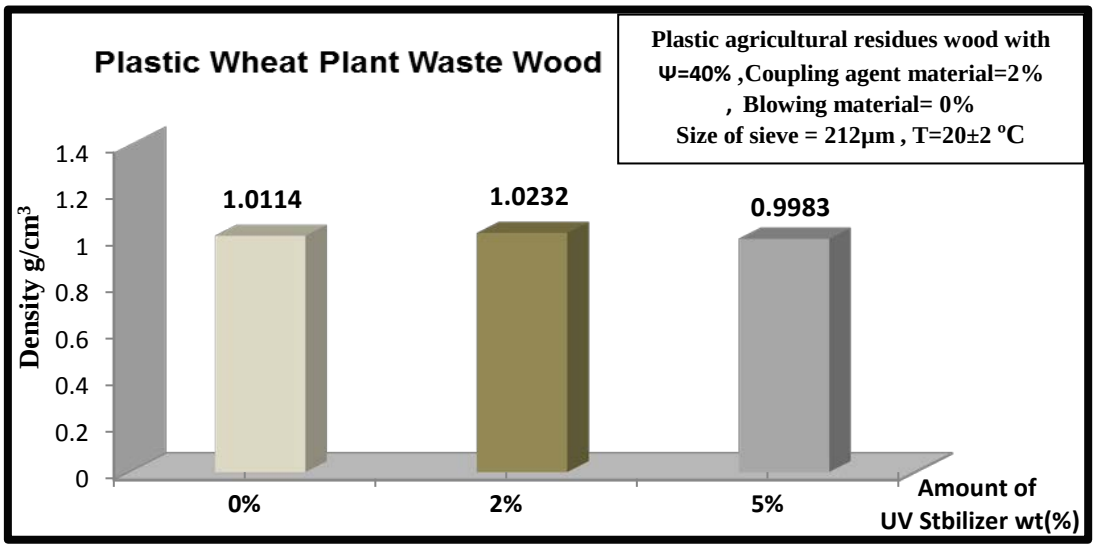
الشكل (4-45) تأثير تغير نسب المادة الرابطة السيلانية على الكثافة الحجمية لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.

اما من ناحية اضافة المادة النافخة في متراكب خشب المتبقيات البلاستيكي فانه يؤثر سلبا على قيم الكثافة وكما موضح في الشكل (4-46) كلما زادت اضافة المادة النافخة ادى ذلك الى انخفاض قيم الكثافة بشكل تدريجي، اذ وجد ان النموذج المتراكب غير المعامل بهذه المادة يكون قد اعطى اعلى قيمة للكثافة يساوي ($1.0114\ g/cm^3$) والذي اذا ما تمت مقارنته بالنموذج المعامل بالمادة عند نسبة اضافة (3%) يسجل انخفاض بمقدار ($0.0012\ g/cm^3$) ومن ثم يزداد حسب نسب الاضافة من (3%) الى (15%) الذي يصل عند هذه النسبة الى مقدار ($0.1082\ g/cm^3$). ويعزى الى انتفاخ في الابعاد المادة المتراكبة نتيجة تولد الفجوات الدقيقة وزيادة حجمها بفعل النسب المتزايدة من هذه المادة النافخة التي تباعد بين الجزيئات وبالتالي ضعف المنطقة البينية مؤدية الى زيادة طفيفة في حجم ابعاد مصبوب النموذج المتراكب التي تتناسب عكسيا مع كثافته وبسبب هذا التباعد يجعلها تنخفض.



الشكل(4-46) تأثير تغير نسب المادة النافخة على الكثافة الحجمية لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.

إن اضافة مضادات الاكسدة الى متراكبات الخشبي البلاستيكي تعمل على رفع قيم الكثافة فنلاحظ ان هذه القيم الموضحة في الشكل (4-47) تزداد عند اضافة (2%) من مضادات الاكسدة والتي تبلغ ($1.0232\ g/cm^3$) وهذه القيمة اعلى من مقدار كثافة المتراكب غير المعامل بالمادة والذي يسجل مقدار ($0.0118\ g/cm^3$)، تفسير ذلك يعود الى ان المواد البوليمرية تتأثر بالأشعة والظروف المحيطة وهذا يسبب تمدد بالبنية للسلاسل الجزيئية الطويلة، اي ان نسبة قليلة من الاشعة او ظروف التجوية تحدث تغيرات بنسبة كبيرة من الجزيئات وبالتالي تغير في معدل الوزن الجزيئي مما يسبب اختلال في السلاسل البوليميرية وقلة الترابط و التأصر بين الدقائق المكونة للمتراكب فيزاد حجمه لذا عند اضافة مضادات الاكسدة نلاحظ ان المادة تتحسن متانتها وخصائصها الميكانيكية مؤدية الى صغر حجم ابعادها بسبب ملئ المسامات من قبل المادة. كما تبين من الشكل ذاته ان زيادة نسبة المضادات الى (5%) في متراكب البلاستيكي فان قيمة الكثافة ابدت انخفاض طفيف الى ($0.9983\ g/cm^3$)، وذلك بسبب ان هذه النسبة الكبيرة من المضادات ستتحد مع اواصر اخرى داخل المتراكب الخشبي البلاستيكي ونتيجة تراكم الاشعة الفوق البنفسجية من البيئة المحيطة بالمتراكب، مما يزيد من انتفاخ المتراكب اي زيادة في ابعاد العينة قليلا مسببة ذلك الانخفاض [104].



الشكل (4-47) تأثير تغير نسب مضادات الاكسدة على الكثافة الحجمية لاخشاب الحنطة البلاستيكي

(4-6)اختبار الامتصاصية Absorbance Test

بينت الكثير من الدراسات ان الخصائص الميكانيكية لعينات المادة المتراكبة ذات الاساس البوليمري تتغير بعد تعرضها الى رطوبة الغلاف الجوي المحيط او عند امتصاص كمية من الماء او سوائل اخرى. يعزى ذلك الى ان عملية الامتصاص الحاصلة لها دور في تحطيم السطح البيني بتقليل الالتصاق بين المادة الاساس ومادة التدعيم، كما ان مادة التدعيم المستعملة قد تمتص كميات اكبر من المادة الاساس مما يسبب انتفاخها. اذ وجد ان مقاومة المتراكب تعتمد بشكل رئيسي على طبيعة المادة

الاساس البوليمرية وعلى الوسط البيئي الذي يتعرض له المتراكب. ولذا اجري هذا الاختبار لأجل الكشف عن مدى تأثر متراكبات الخشب البلاستيكية المصنعة اتجاه الماء والسوائل الكيميائية الاخرى[109,108].

وعموما فان ميكانيكية التفاعل الحاصلة بين المواد المتراكبة البوليمرية والسوائل تؤدي الى حدوث تغيرات في المادة مثل التشققات (Cracking) والتحلل المائي (Hydrolysis) [110,95]. الذي يؤثر على المادة بأشكال كثيرة منها:

1- التحلل الفيزيائي عند تنافذ الماء او السائل خلال البوليمر ومتراكباته المتمثل بالانتفاخ (Swell).

2- انحلال البوليمر ومتراكباته (Dissolution) من قبل السوائل المستعملة عند تماسه معها نتيجة حدوث ظاهرة المج البوليمري .

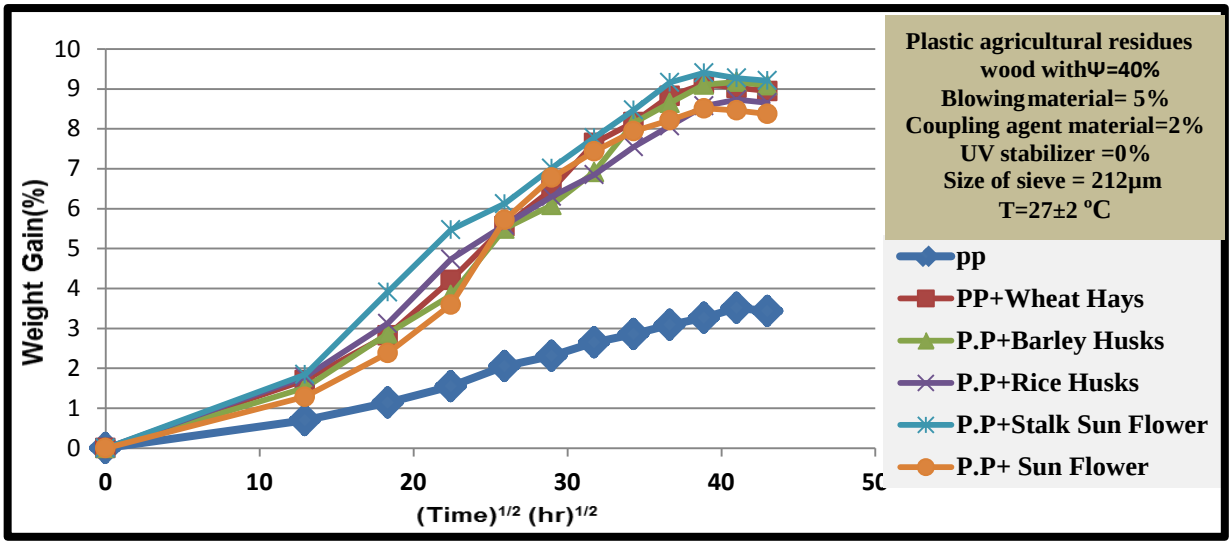
3- التأكل و تكوين النقر.

لقد تم اجراء هذا الاختبار لكافة عينات متراكبات خشب المخلفات الزراعية البلاستيكية المهيأة وذلك من خلال غمرها بأوساط مختلفة وكما موضح في الطريقتين التاليتين:

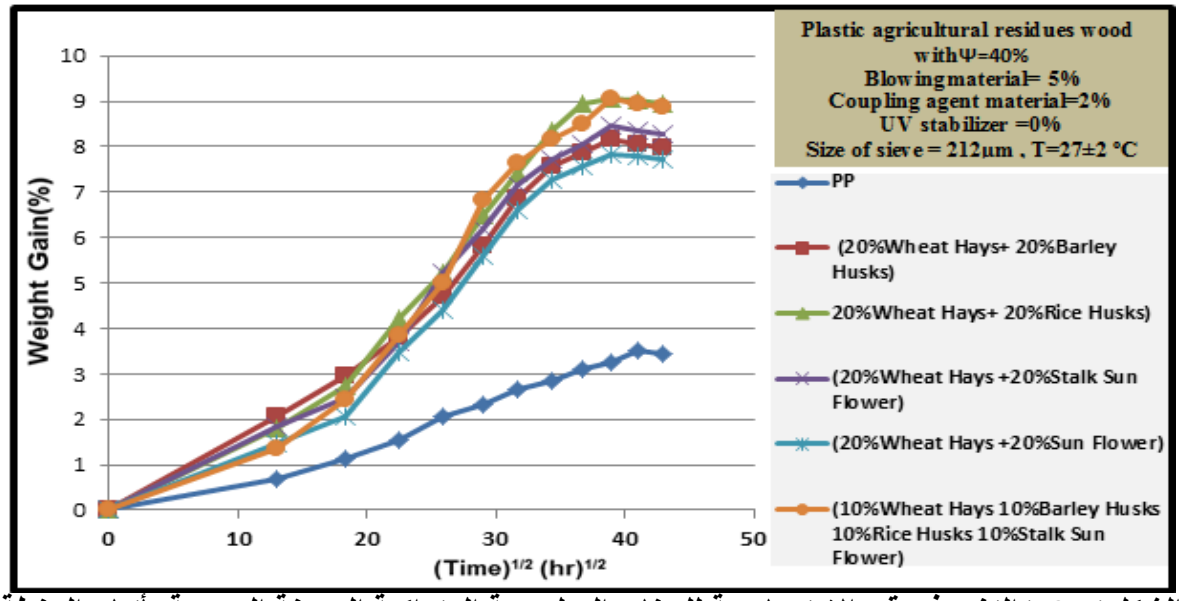
(4-6-1) الغمر في الوسط المائي Immersion in Water Medium

يتم غمر جميع النماذج المهيأة لهذا الفحص في ماء الاسالة (الاعتيادي)عند درجة حرارة الغرفة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما. اظهرت النتائج بأن هنالك زيادة كبيرة في الربح بالوزن لعينات البولي بروبلين عند التدعيم بمساحيق المخلفات الزراعية المستعملة بنوع واحد او تهجين نوعين او تهجين اربعة انواع مع الحفاظ على النسبة الوزنية الكلية تساوي (40 %)، اذ يزداد مع زيادة زمن الغمر أي ان عملية التدعيم قد ادت الى ارتفاع في معدل الامتصاصية لجميع النماذج المتراكبة الخشبية وبنسب متفاوتة وكما مبين بالأشكال (4-48)(4-49) يوضح من خلالها رسم المنحنيات التي تعبر عن العلاقة بين النسبة المئوية للربح بالكتلة (Weight Gain) مع جذر التربيعي للزمن. وقد تم حساب معامل الانتشارية لجميع العينات طبقاً الى قانون (فك الثاني) والموضح في المعادلة (2-10).كما لوحظ من خلال الاشكال (4-50)(4-A51)(4-B51)(4-C51)(4-D51) ان قيم معامل الانتشار لبولي بروبلين غير المدعم (0.8×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$) وهذه النتيجة تتفق مع ما جاء به الباحثين (Law et al.) [111] اذ يصل حد الاشباع فيه الى ادنى قيمة (3.5) اما عند التدعيم البوليمر بمسحوق المخلفات الزراعية فان معامل الانتشارية يزداد بشكل ملحوظ اذ يصل الى(4×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$) وتصبح اعلى قيمة حد الاشباع (9.5) كانت للنموذج المدعم بمسحوق سيقان عباد الشمس (P.P+ Stalk Sun Flower) ويساوي (3.5×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$)

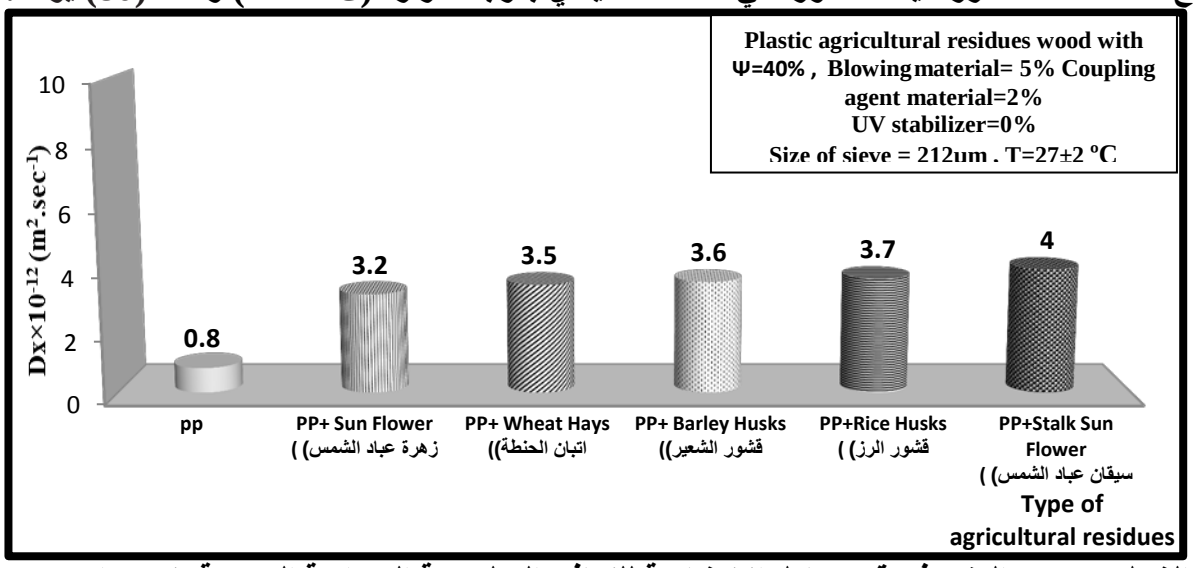
للمتراكب المدعم بأتبان الحنطة (P.P+ Wheat Hays)، ويرجع ذلك الى وجود السطح البيني ما بين المادة الاساس ومواد التدعيم ووجود الفجوات هوائية التي تمثل قناة لنفوذ وتغلغل جزيئات الماء داخل المادة، وعند التدعيم التهجين بنوعين من المساحيق [20% اتبان نبات الحنطة (WH) + 20% زهرة عباد الشمس(SSF)] سجل معامل الانتشارية اقل مقدار له (3.1×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$) وان اعلى معامل انتشارية كان للمادة المتراكبة المدعمة ب [20%اتبان نبات الحنطة (WH)+ 20% سيقان عباد الشمس (SSF)]يساوي (3.6×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$) وكما موضح بالأشكال (52-4)(A53-4)(B53-4)(C53-4)(D53-4)(54-4). يعود السبب في ارتفاع معدل الامتصاصية والانتشارية الماء من قبل متراكبات خشب المخلفات الزراعية البلاستيكية بالمقارنة مع البولي بروبلين يعود الى ان البوليمرات غير القابلة للتحلل المائي (غير الممتصة للماء)(Non hydrolyzable) وعند تدعيمه بمساحيق المخلفات الزراعية التي تعد من المالئات النباتية الدقائقية التي تكون ذات الطبيعة الممتصة للماء(Hydrophilic)،علاوة على ذلك هذه المواد تحتوي على السيليلوز تنشأ منه مجموعات هيدروكسيل (-OH) التي تتفاعل بسهولة مع جزيئات الماء عن طريق الروابط الهيدروجينية[16]. لذلك فأنها تعمل على زيادة امتصاصية ونفاذية الماء داخل متراكباته، اي ان جزيئات الماء ستنفذ عبر طور البوليمر وتبدأ بملء الفراغات (الفجوات) الداخلية الدقيقة الموجودة بين جزيئات المتراكب الخشبي البلاستيكي الذي يمتص كميات كبيرة منه مما يؤدي الى ابتعاد السلاسل الجزيئية البوليمرية عن بعضها البعض عند نفاذه من السطح عن طريق الفجوات الموجودة والحافات وبالتالي اضعاف السطح البيني في المادة لينتشر بسهولة داخل بنية المتراكب. وكما يلاحظ هبوط ضئيل جدا في قيم الربح بالوزن ومدى امتصاص الماء وذلك يرجع لوصول النموذج المستعمل الى حد الاشباع، هذا يتفق مع ما توصل اليه الباحثة (رقية الحمادي)[27,17].



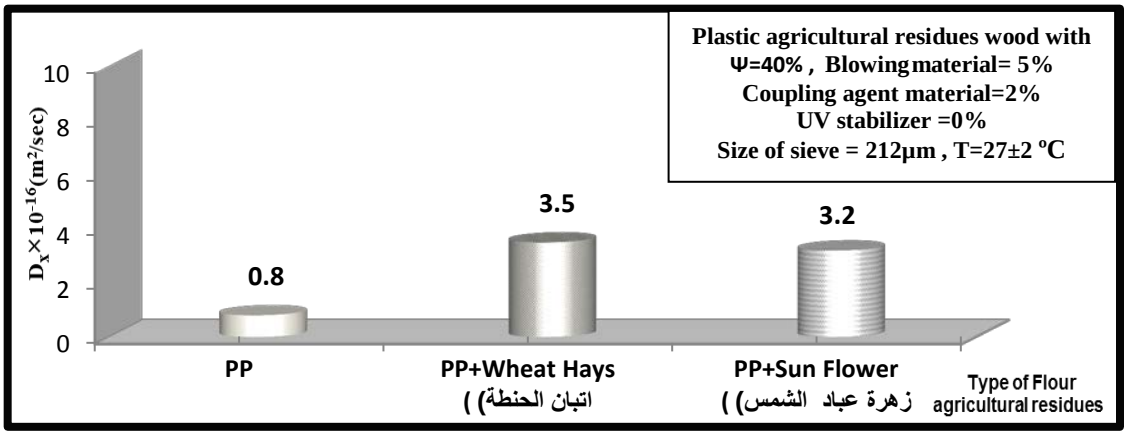
الشكل(4-48)التغير في قيم الامتصاصية للعينات البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما.



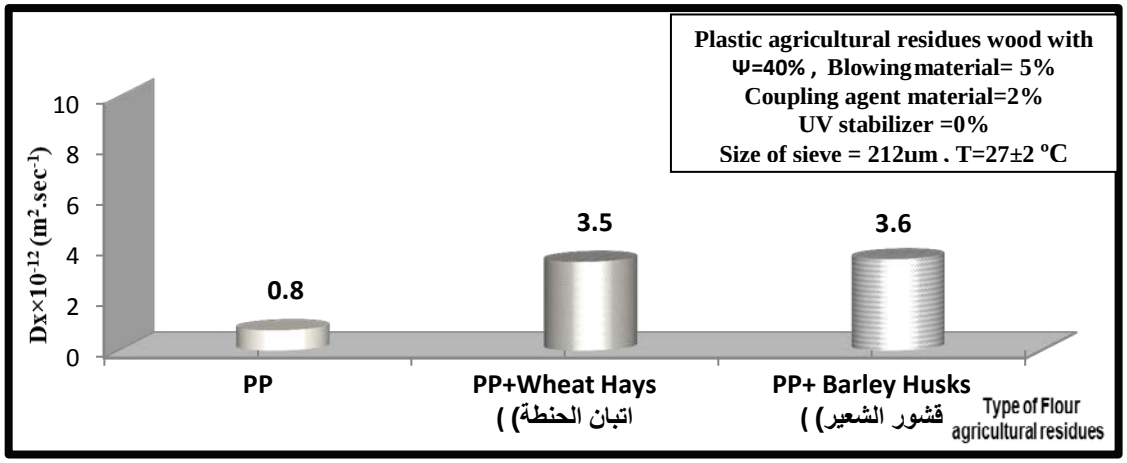
الشكل(4-49)التغير في قيم الامتصاصية للعينات البوليمرية المتراكبة الهجينة المدعمة بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما .



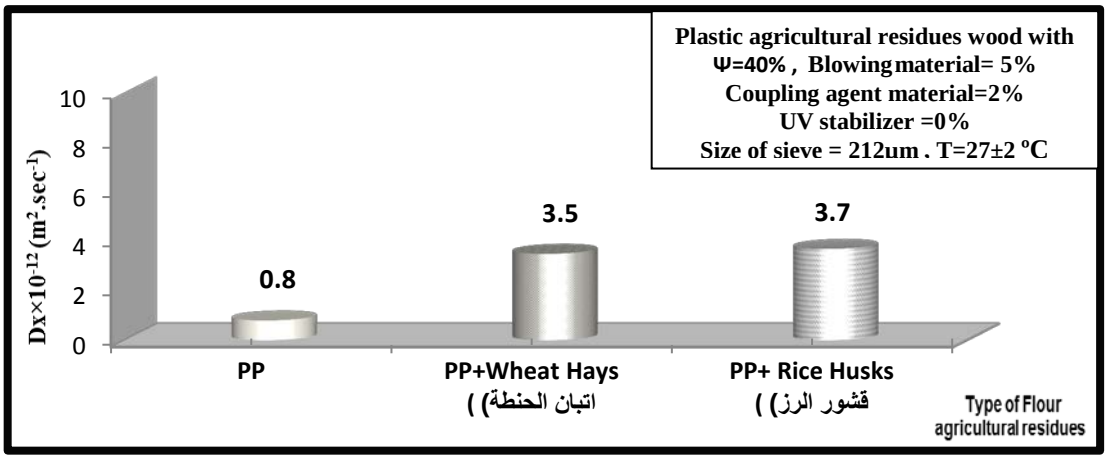
الشكل (4-50) التغير في قيم معامل الانتشارية للنماذج البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2ºC)ولمدة (80) يوما.



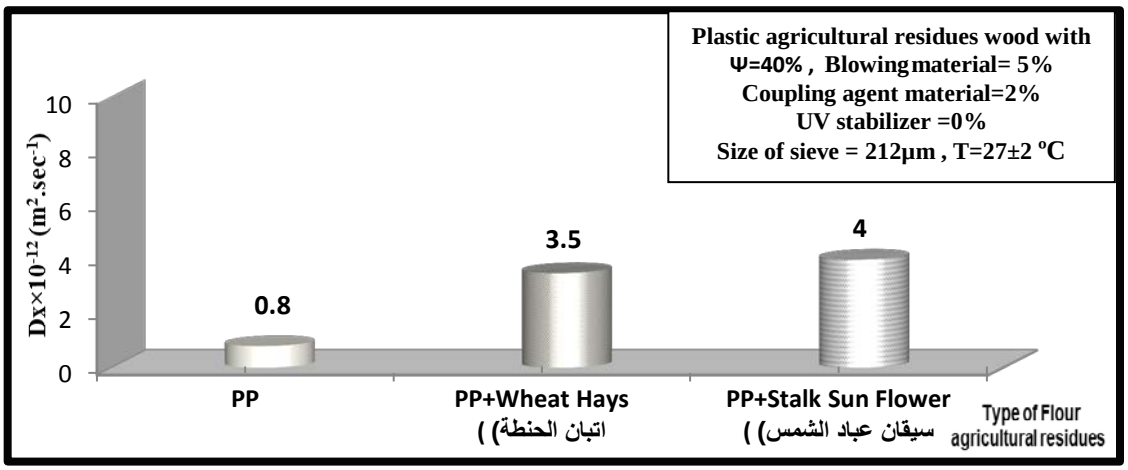
الشكل (A51-4) تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم معامل الانتشارية لمتراكبات زهرة عباد الشمس ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة.



الشكل (B51-4)

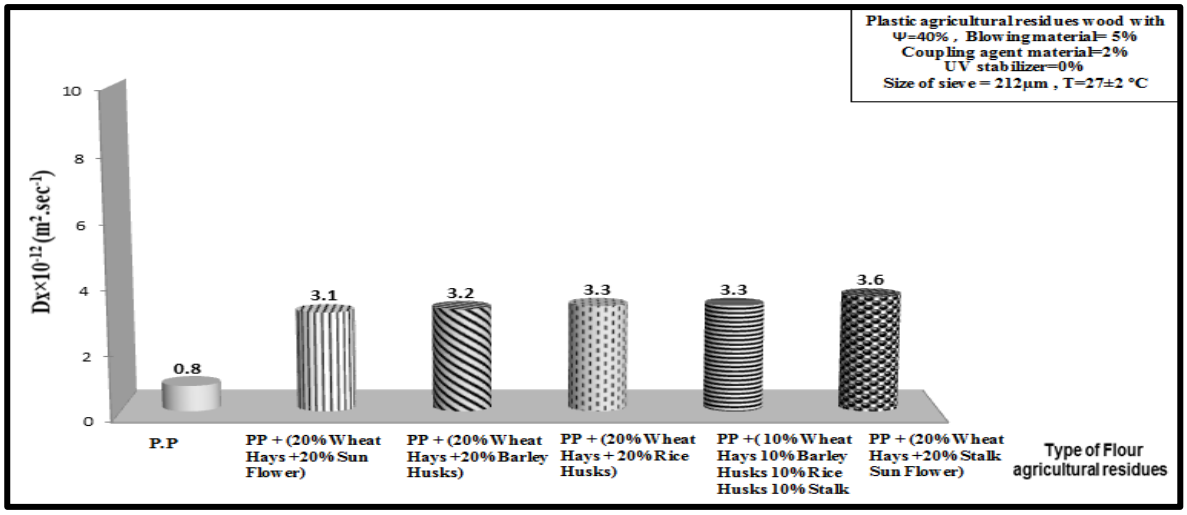


الشكل (C51-4)

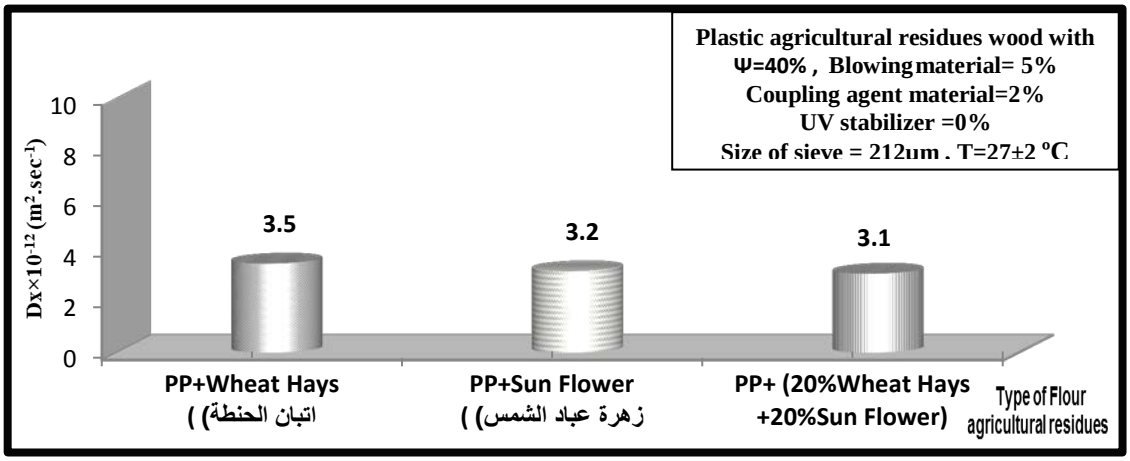


الشكل (D51-4)

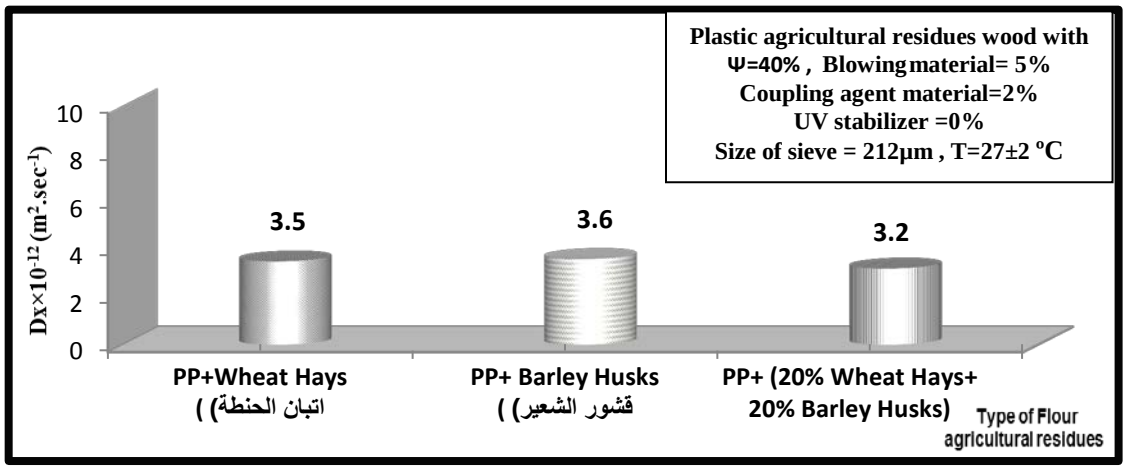
الاشكال (B51-4)(C51-4)(D51-4) تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم معامل الانتشارية لمتراكبات المخلفات الزراعية المستعملة ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) و متراكب أتبان الحنطة المغمورة في ماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2°C) ولمدة (80) يوما.



الشكل (4-52) التغير في قيم معدلات البلى للمواد المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية التي تغمر في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما.

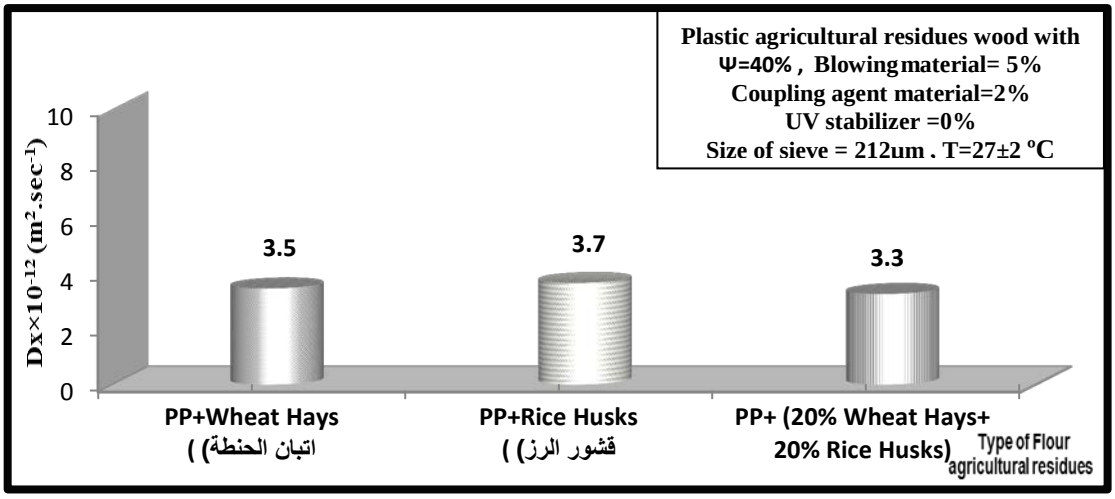


الشكل (4-A53)

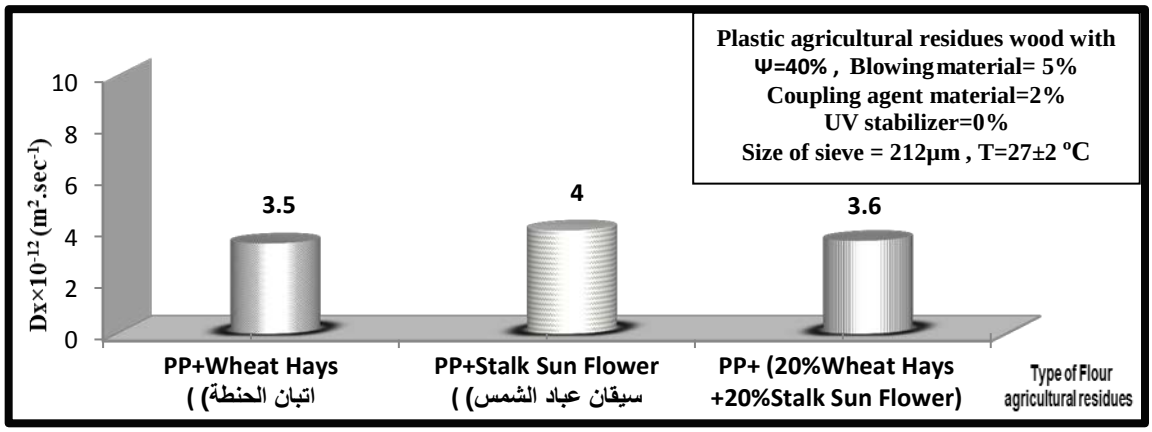


الشكل (4-B53)

الاشكال(4-A53)(4-B53) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية على قيم معامل الانتشارية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما.

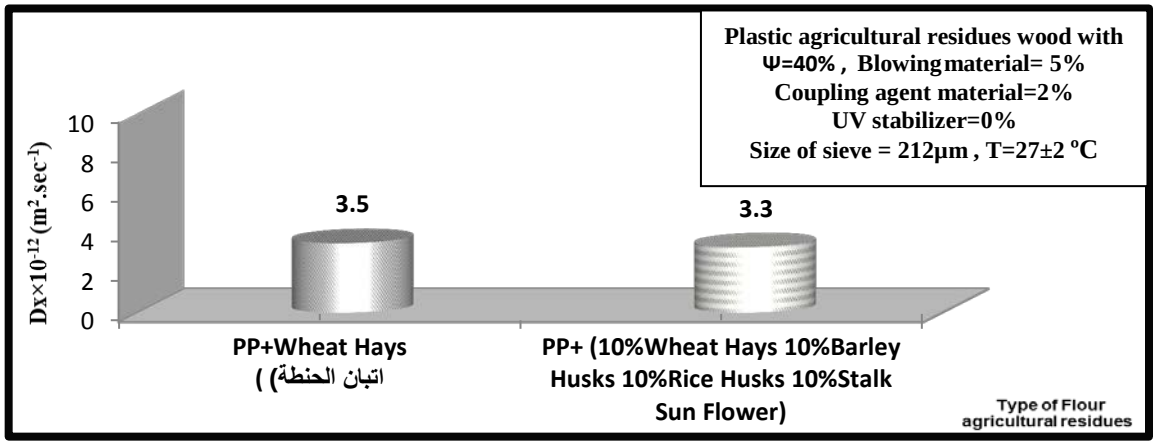


الشكل (C53-4)



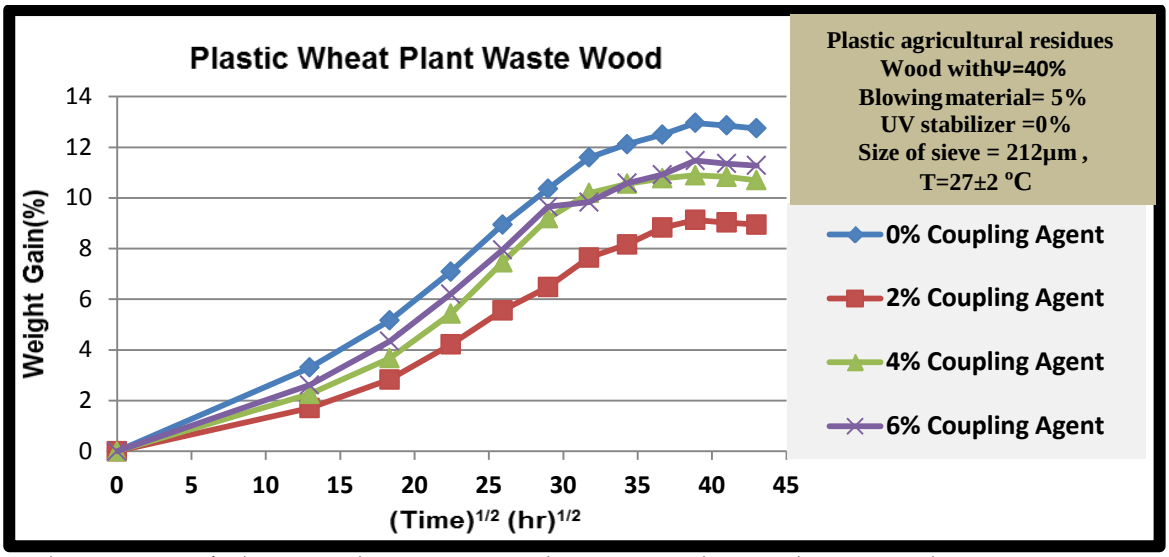
الشكل (D53-4)

الاشكال (C53-4)(D53-4) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم معامل الانتشارية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2°C) ولمدة (80) يوما.

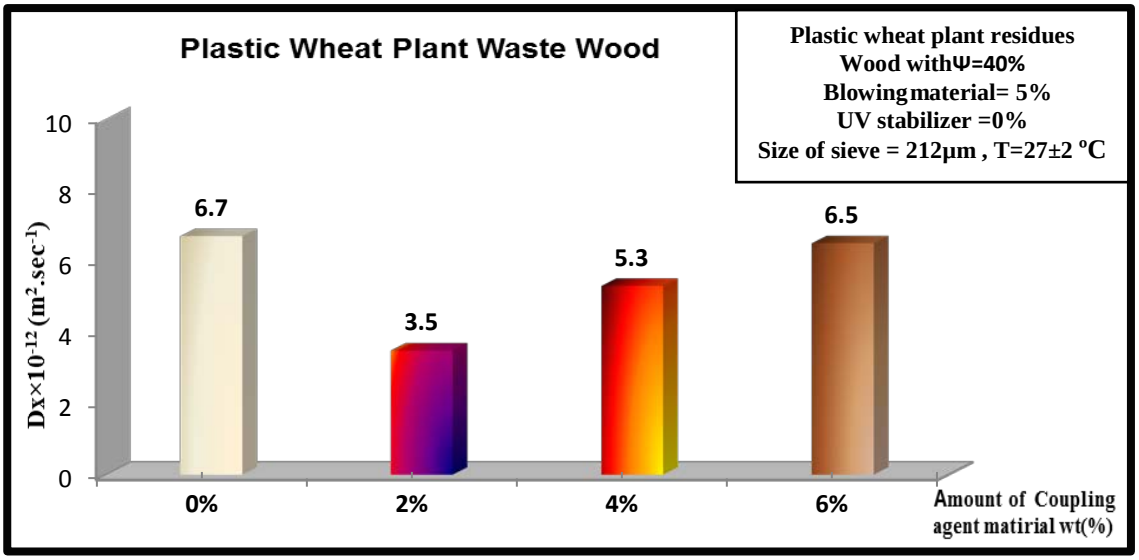


الشكل (4-54) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأربعة انواع من المخلفات الزراعية المستعملة على قيم معامل الانتشارية ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2°C) ولمدة (80) يوما.

يتبين من النتائج التي حصلنا عليها من الاشكال (4-55)(4-56) ان خشب الحنطة البلاستيكي ذو الدقائق الخشبية المعاملة بالمادة السيلانية ليس من السهولة على جزيئات المادة ان تتغلغل بداخله عند غمره بالماء العادي وذلك لمقاومة الجسور الكيميائية المتكونة بين السطح الدقائقي الخشبي والبولي بروبلين على التحلل المائي ، اذ يزيد من الروابط بين مجموعات الهيدروكسيل (-OH) الموجودة في سيليلوز مسحوق الخشب وبين البولي بروبلين وبالتالي فأن هذه المجموعات الممتصة للماء ستنخفض لترتفع قابلية خشب اتبان الحنطة البلاستيكي على مقاومة التحلل المائي الى اقصى ما يمكن عند النسبة الايجابية من المادة الرابطة (2%) اذ يصل حد الاشباع فيها الى ادنى قيمة هو (7.88) وبمعامل انتشارية يساوي (3.5×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$) والتي تعد افضل النسب بالمقارنة مع نتائج بقية النسب المضافة الى المتراكبات المحضرة. اذ ان مقاومة امتصاص جزيئات الماء من قبل خشب اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة الرابطة السيلانية تقل عند الوصول الى النسبة (6%) اذ يصبح حد الاشباع (11.47)، حيث ان الزيادة الكبيرة في نسبة هذه المادة تؤدي الى تغلغل الخليط السيلاني بين دقائق اتبان الحنطة مما تساهم في ضعف عمل الالتصاق البوليمر ومسحوق اتبان الحنطة للمتراكبات الخشبية، مما يزيد من حدوث التشققات والفجوات تؤدي الى اضعاف قوة الترابط في منطقة السطح البيني وبالتالي ينعكس سلبا على المتراكب لتجعله يمتص كميات من الماء وهذا يعد برهانا واضحا على صحة تفسير ان نفاذ قدر اكبر من الماء الاعتيادي الى جسم خشب اتبان الحنطة البلاستيكي عند نضوب قوى الترابط البينية في منطقة السطح البيني، وهذا يتفق مع النتائج التي توصل اليه (Kurniawan et al.) (Mishra et al.)[113,112]

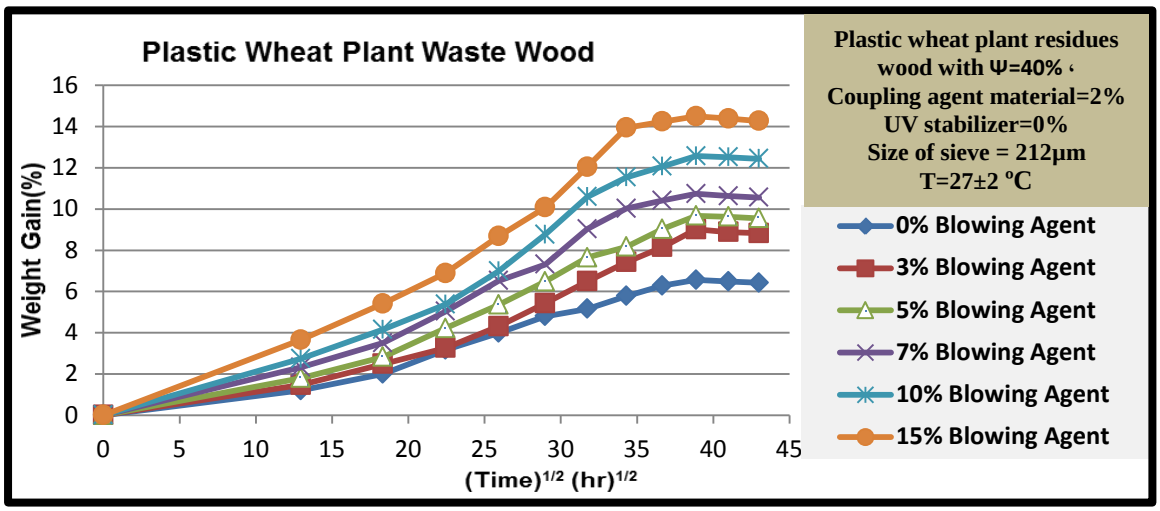


الشكل(4-55)العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية والمادة الرابطة السيلانية لأخشاب الحنطة البلاستيكي المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2°C) لمدة (80) يوما.

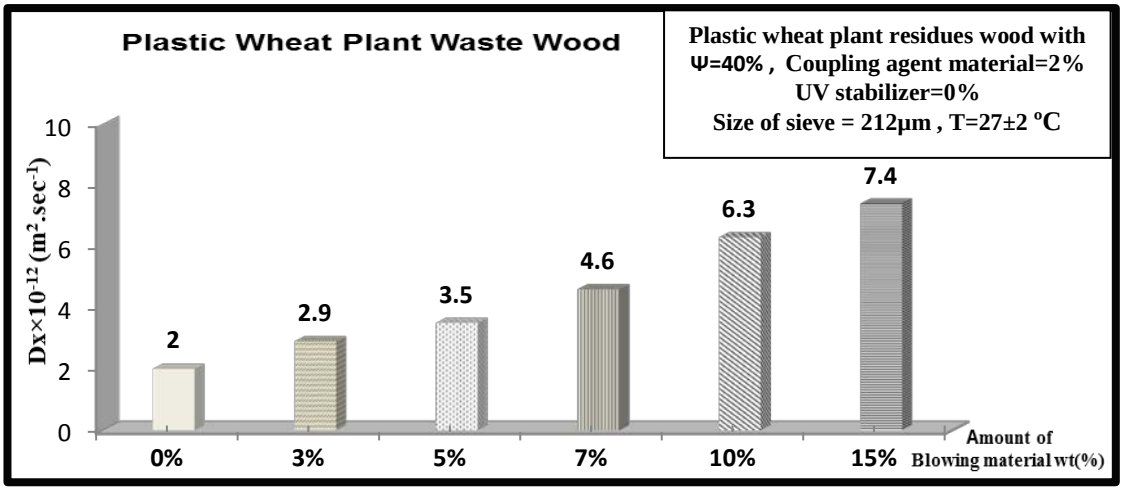


الشكل(4-56) معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة الرابطة السيلانية والمغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة(27± 2°C) ولمدة (80) يوما .

بينما لوحظ عند اضافة المادة النافخة في متراكب خشب مخلفات الزراعية من نوع الحنطة وبالنسب (15,10,7,5,3)wt% انه كلما زادت اضافة المادة النافخة ادى ذلك الى زيادة معدل الامتصاصية وكما موضح في الشكل (4-57) ومعامل الانتشارية بشكل تدريجي اذ وجد ان النماذج المتراكبة الخالية من هذه المادة سجلت اقل القيم بلغت (2×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$) وبحد اشباع (6.5)،اما النماذج الحاوية على هذه المادة فقد بلغت ما بين(2.9×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$) (7.4×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$) حسب نسب الاضافة (3%-15%) كما موضح في الشكل (4-58)اي انها تؤثر بصورة سلبية على مقاومة السطح البيني لما لهذه المواد من قابلية على امتصاص الماء وبالتالي حدوث المسامات في المتراكب الخشبي البلاستيكي مما يزيد نمو الفراغات و تكون التشققات في تركيب المادة مما يجعلها تمتص كميات اكبر من الماء .

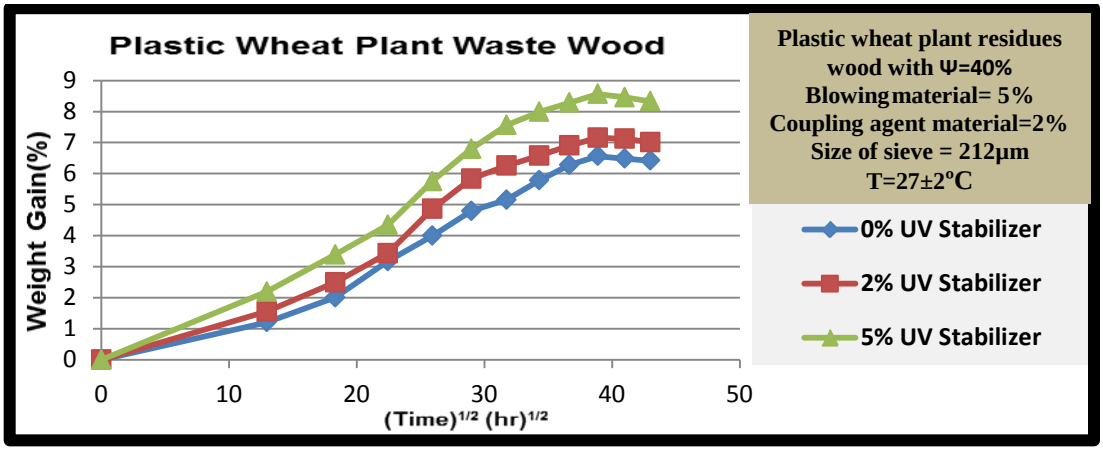


الشكل(4-57)العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية والمادة النافخة لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2°C) لمدة (80) يوما.

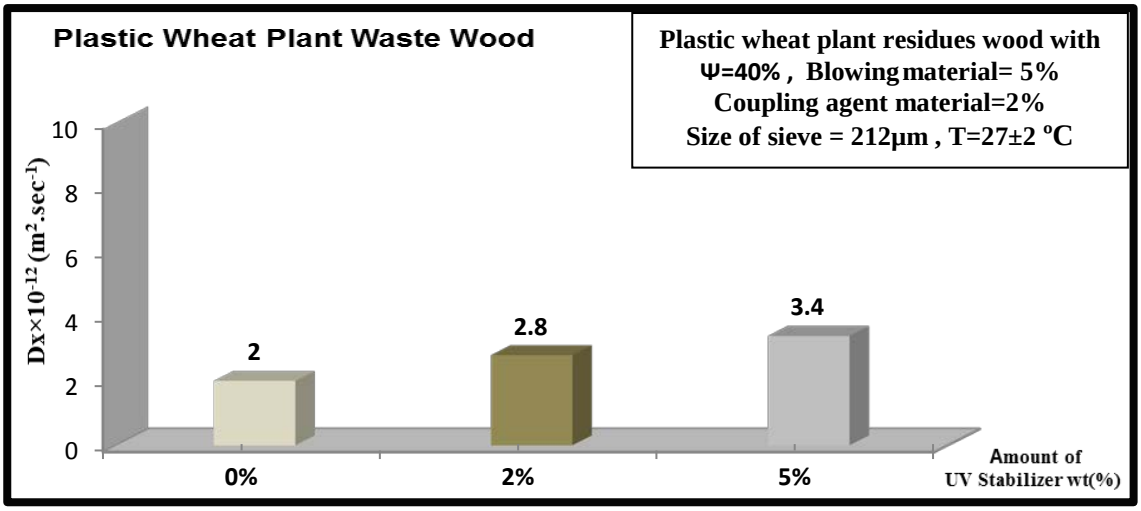


الشكل(4-58)معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة النافخة والمغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة(27± 2°C) ولمدة (80) يوما .

اما من ناحية اضافة مضادات الاكسدة الى متراكب خشب الحنطة البلاستيكي نلاحظ تحسن في مقاومة المتراكب للامتصاصية مقارنة مع المادة قبل الاضافة، اي ان قيم معامل الانتشارية سوف تنخفض الى اقل مستوياتها كما موضح في الاشكال (4-59)(4-60). اذ نلاحظ ان اقل قيمة لحد الاشباع وصل الى (7.1) عند نسبة اضافة (2%) من مضادات الاكسدة وقيمة معامل الانتشارية عند هذه النسبة (2.8×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$) وهو اقل من قيمة معامل الانتشارية للمتراكب غير المعامل بالمادة تبلغ(2×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$) ان هذه المضادات تزيد من قوة البينية وعدم تأثرها بالأشعة المحيطة وظروف التجوية الاخرى مما تصدر مقاومة اكبر لتغلغل الماء داخل جزيئات المتراكب. بينما اضافة (5%)من المضادات ترتفع قيم الامتصاصية للمتراكب الخشبي اذ يصل حد الاشباع الى (8.56). وذلك كون المادة تؤثر سلبا في تغير البنية لضعف الترابط و التأصر ما بين دقائق المسحوق وجزيئات البولي بروبلين، اذ تتأثر بتراكمية الاشعة الفوق البنفسجية مما تمتص كميات اكبر من جزيئات الماء [17,16].



الشكل(4-59)العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية ومضادات الاكسدة لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة (27± 2°C) ولمدة (80) يوما .



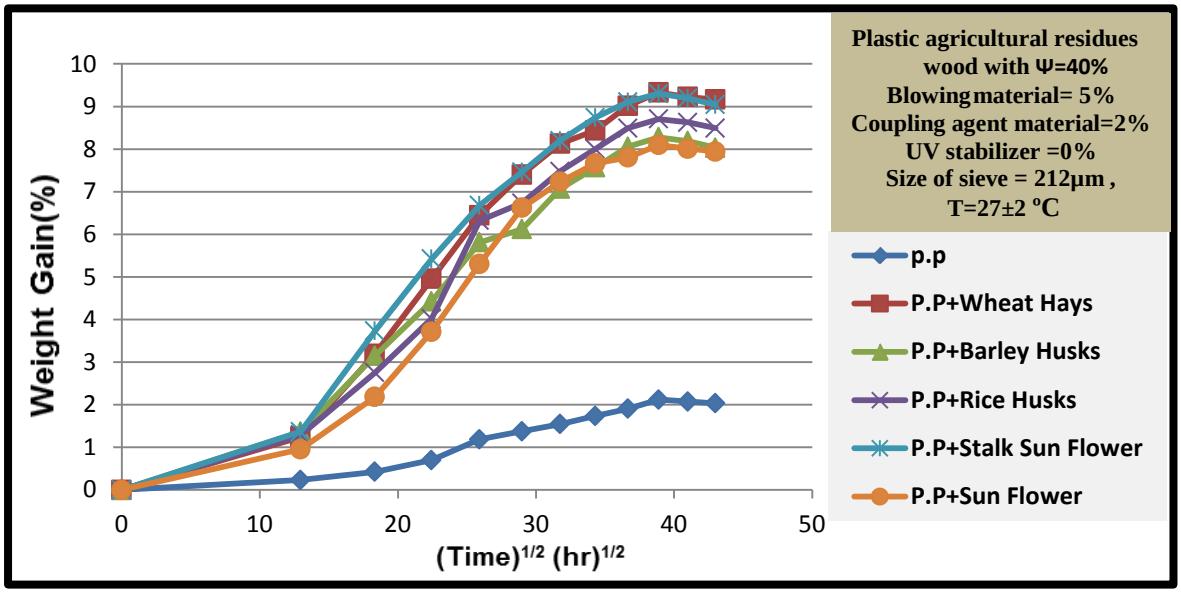
الشكل(4-60)معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بمضادات الاكسدة والمغمورة في الماء الاعتيادي بدرجة حرارة(27±2ºC) ولمدة (80) يوما.

(4-6-2) الغمر في الوسط المحلول الكيميائي

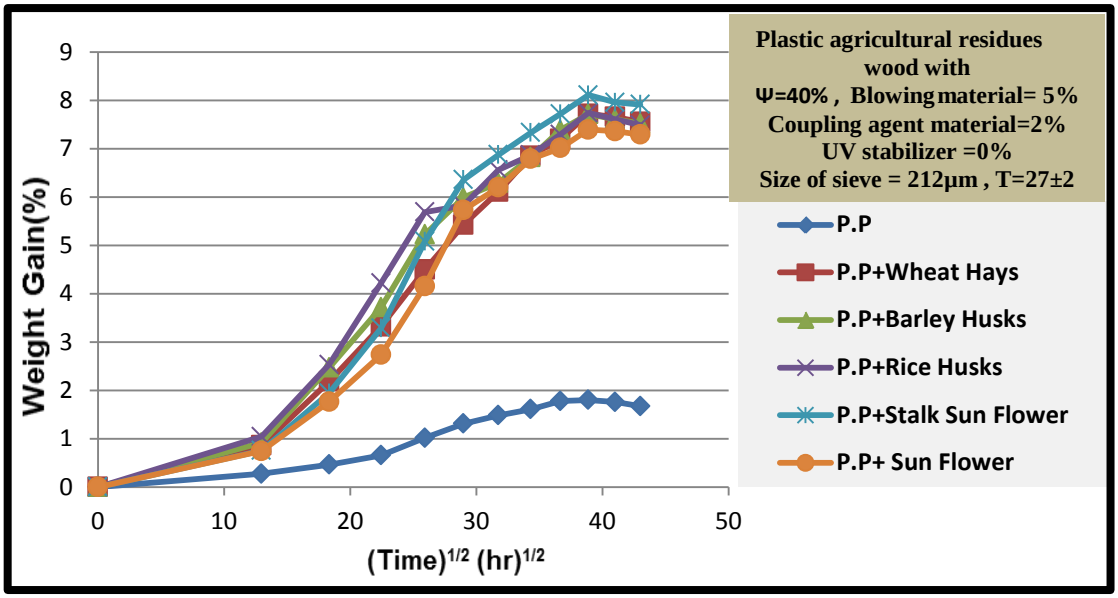
Immersion in Chemical Solution Medium

تتفاعل هذه المحاليل عند غمر النماذج المحضرة لهذا الفحص على وفق ما ورد في الفقرة (4-6-1)الى السوائل الكيميائية (المنظفات المنزلية) كل من ماء جافيل (Sodium Hypochlorite) وسائل التنظيف (الزاهي) (Sodium Sulfonate) المخففين بالماء بتركيز (14%) بدرجة حرارة(27±2ºC) ولمدة (80)يوماً. أوضحت النتائج ان العينات للمتراكبات مساحيق المخلفات الزراعية المدعمة بنوع واحد او الهجين من نوعين او اربعة انواع مع الحفاظ على الكسر الوزني (40%) سوف تحدث زيادة مستمرة في الربح بالوزن للعينات على طول زمن الغمر وكما لوحظ ان محلول ماء جافيل (هيبوكلوريت الصوديوم) قد اثر بشكل ملحوظ في وزن متراكبات الخشب البلاستيكي مقارنة مع محلول سائل التنظيف (سلفونات الصوديوم). وكما تبين الاشكال (4-a61)(4-b61)(4-a62)(4-b62) التي تمثل قيم الامتصاصية للمتراكبات المدعمة بالمخلفات الزراعية اذ عند الغمر عينة البولي بروبلين غير المدعم (PP Pure) في محلول ماء جافيل يكون اعلى حد اشباع له يساوي (2.1) اما عند غمرها في محلول سائل التنظيف (الزاهي) فأنها تعطي قيمة حد اشباع (1.8) كما وجد ايضا ان حد اشباع متراكب البولي بروبلين المدعم بمخلفات سيقان عباد الشمس (P.P+ Stalk Sun Flower) يساوي (9.3) اما حد الاشباع لذات العينة المغمورة في سائل التنظيف (الزاهي) يكون اقل تأثرا اذ سجل (8.2) . كما توضح الاشكال قيم معامل الانتشارية للمتراكبات الخشبية البلاستيكية (4-63)(4-A64)(4-B64)(4-C64)(4-D64)(4-65)(4-A66)(4-B66)(4-C66)(4-D66)(4-67). اذ سجل البولي بروبلين غير المدعم (PP Pure) معامل انتشارية يساوي (0.6×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$) عند الغمر في ماء جافيل (القاصر) ومعامل انتشارية

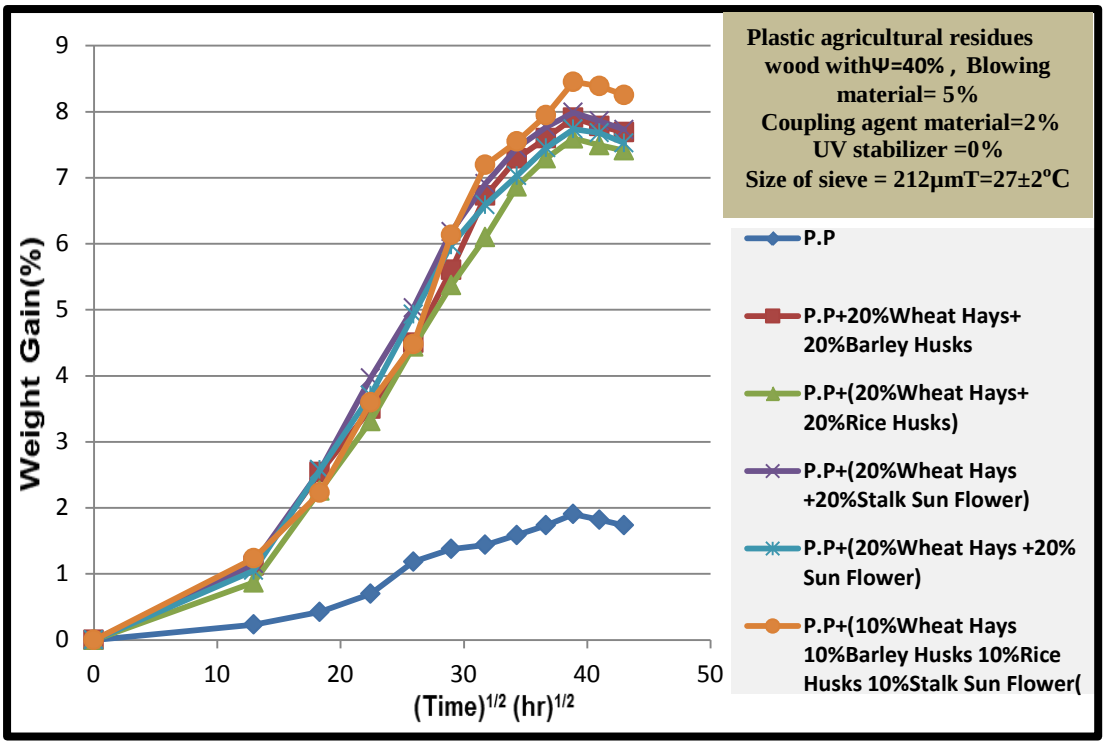
يساوي(0.5×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$) عند الغمر في محلول سائل التنظيف (الزاهي) بينما وجد اعلى قيم معامل الانتشارية كان للمتراكب المدعم بمخلفات سيقان عباد الشمس (P.P+ Stalk Sun Flower) ويساوي (3.5×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$)، وهذا الامر ينطبق ايضا على معامل الانتشارية لذات المتراكب المغمور في ماء جافيل (3.2×10^{-12} $m^2.sec^{-1}$). اذا ما تم مقارنة هذه النتائج مع قيمة حد الاشباع في الماء الاعتيادي نلاحظ ان المحاليل الكيميائية دورها يكون اقل تأثير بالمتراكبات من الماء الاعتيادي. ويرجع السبب في ظهور هذه الظاهرة الى ان المتراكب عندما يكون في حالة تماس مع سائل (المحلول او الماء) فان جزيئات السائل ستعمل على المرور خلال طور المتراكب الخشبي البلاستيكي وتبدأ بملء الفراغات (الفجوات) الداخلية الدقيقة الموجودة بين جزيئات المتراكب مما يؤدي الى ضعف السطح البيني وتباعد السلاسل الجزيئية البوليمرية عن بعضها البعض عند نفاذ جزيئاتها من السطح عن طريق الشقوق الموجودة والحافات والسطوح البينية في المادة. اي ان مدى الامتصاصية والانتشارية داخل العينات المتراكبة تعتمد على شكل ونوع الجزيئات المخترقة الى داخل النموذج وعلى تركيز السائل المستعمل لهذا فأن المحاليل تكون اقل تأثير بالمتراكب وذلك بسبب طبيعتها الكيميائية التي تكون لسائل التنظيف زيتية نوعا ما مما يقلل من تغلغلها في الفجوات وكذلك الحال للماء جافيل الذي يخترق بصورة اكبر من سائل التنظيف لكنهما اقل مما هو عليها في الغمر بالماء الاعتيادي.



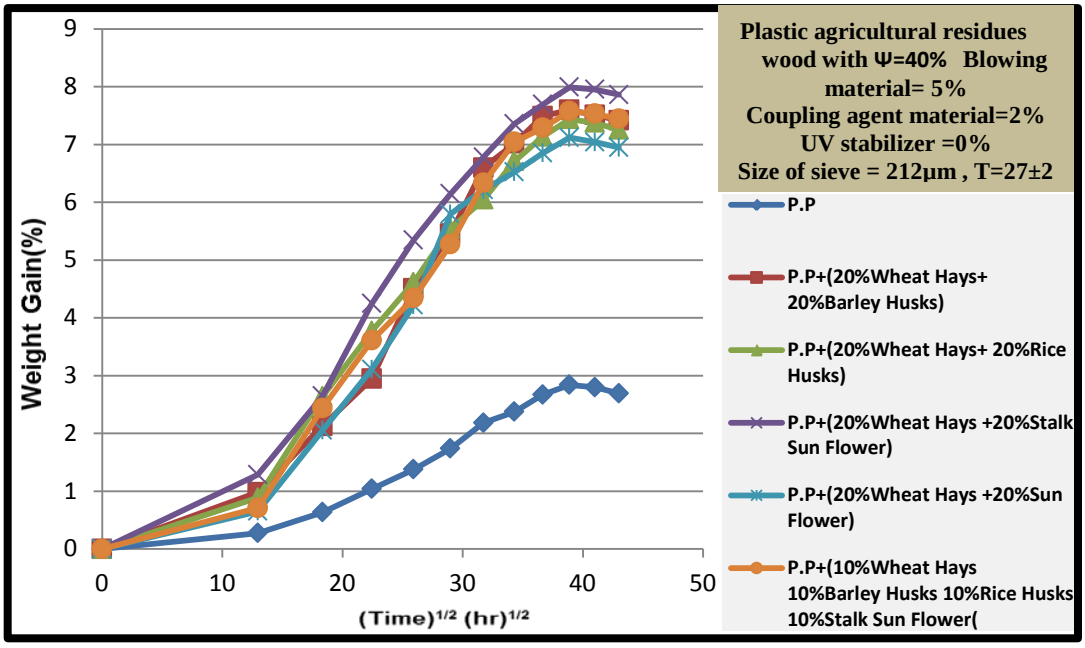
الشكل(4-a61) التغير في قيم الامتصاصية بعد غمر العينات البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المستعملة المغمورة في ماء جافيل بدرجة حرارة الغرفة (27±2°C) ولمدة (80) يوما.



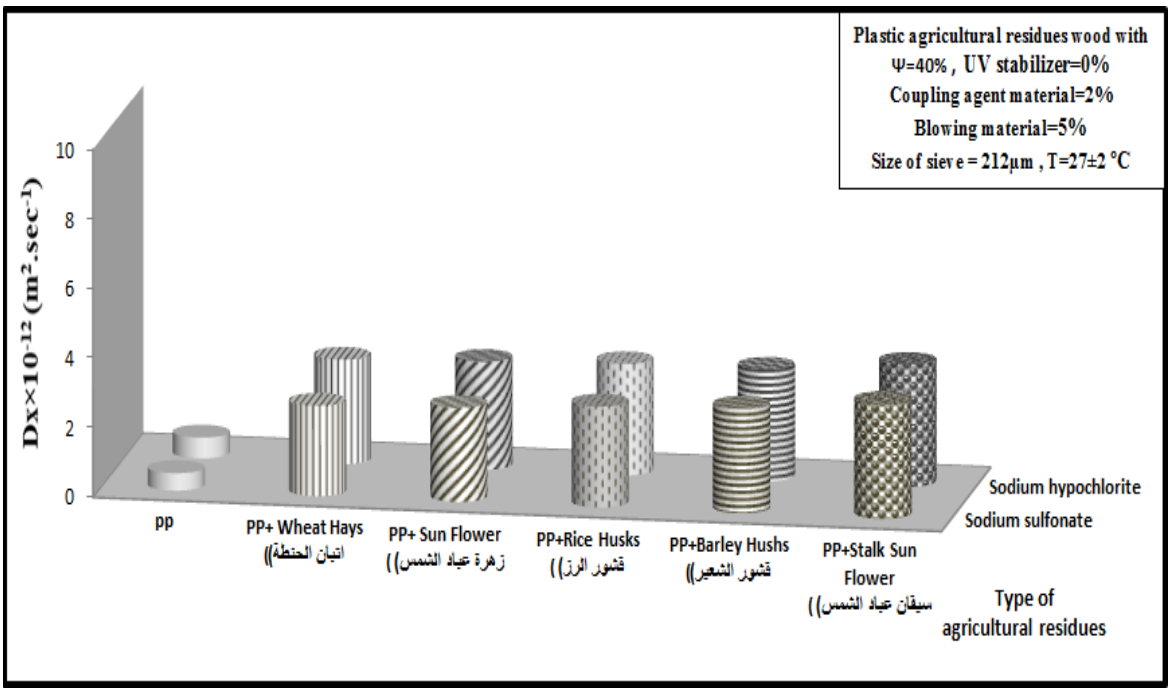
الشكل(4-b61)التغير في قيم الامتصاصية بعد غمر العينات البوليمرية المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية المغمورة في سائل التنظيف (زاهي) بدرجة حرارة الغرفة (27±2°C) ولمدة (80) يوما.



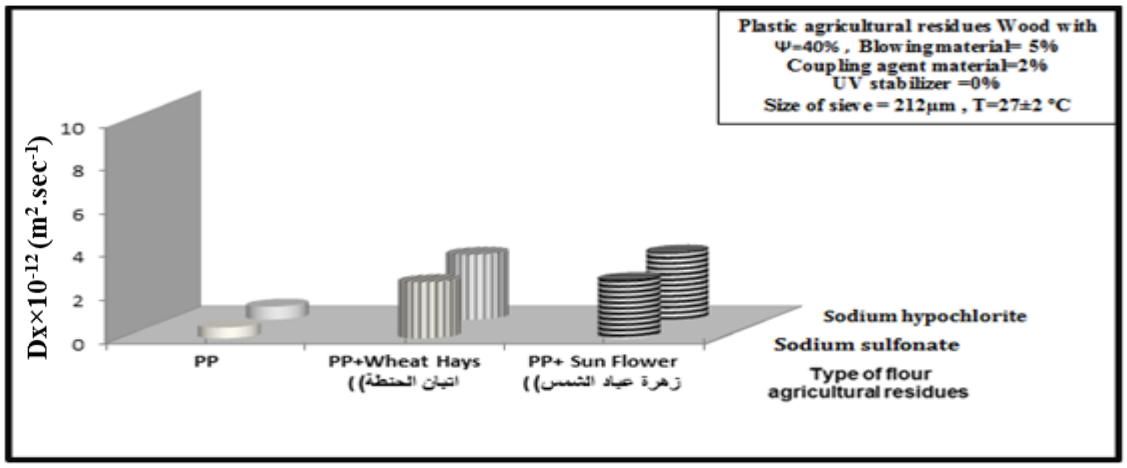
الشكل(4-a62) التغير في قيم الامتصاصية للعينات البوليمرية المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من أتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة المغمورة في ماء جافيل بدرجة حرارة الغرفة (27±2°C) ولمدة (80) يوما.



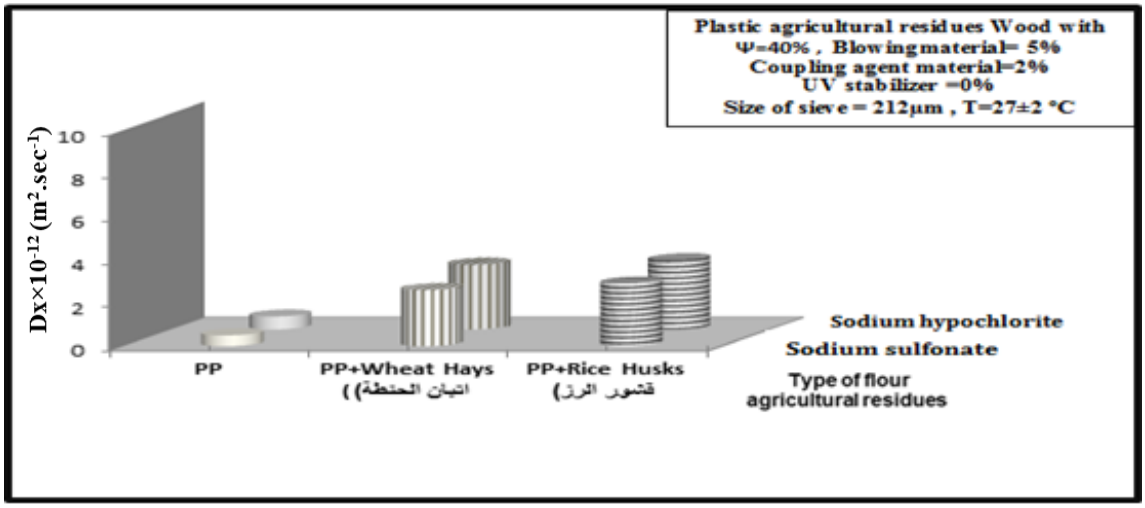
الشكل(4-b62) التغير في قيم الامتصاصية للعينات البوليمرية المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من أتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة المغمورة في سائل التنظيف (زاهي) بدرجة حرارة الغرفة (27±2°C) ولمدة (80) يوما.



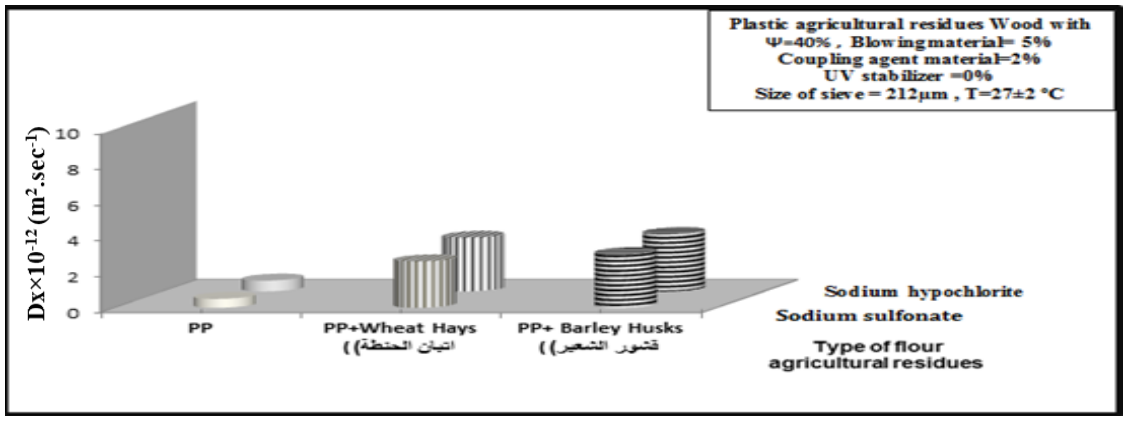
الشكل(4-63)التغير في قيم معامل الانتشار لنماذج المواد المتراكبة المتراكبة المدعمة بنوع واحد من المخلفات الزراعية بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف) بتركيز (14%) بدرجة حرارة الغرفة (27± 2°C) ولمدة (80) يوما.



الشكل (A64-4)

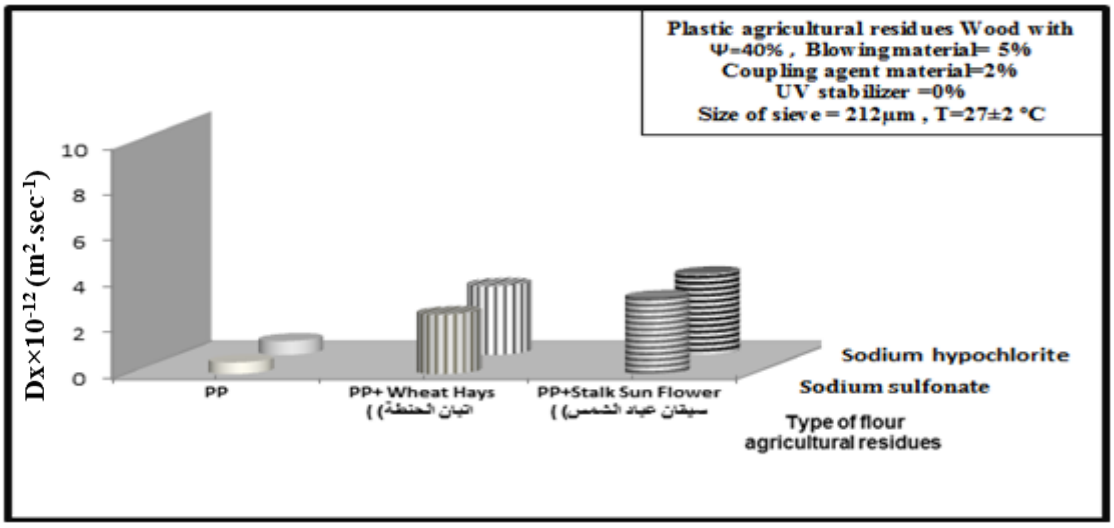


الشكل (B64-4)

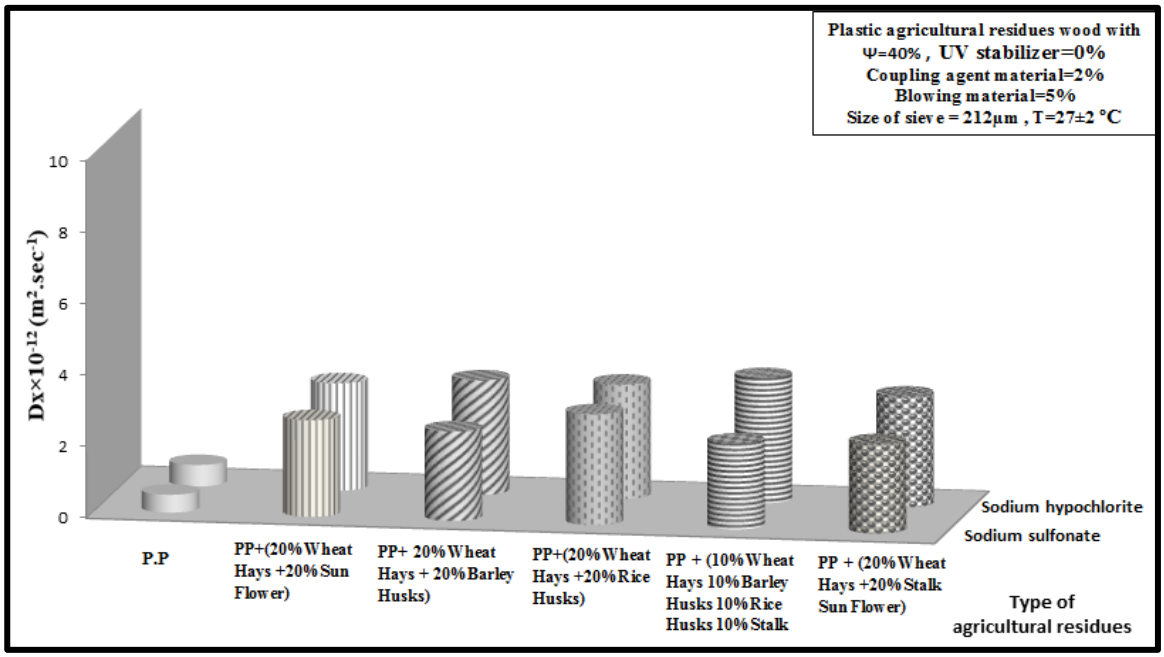


الشكل (C64-4)

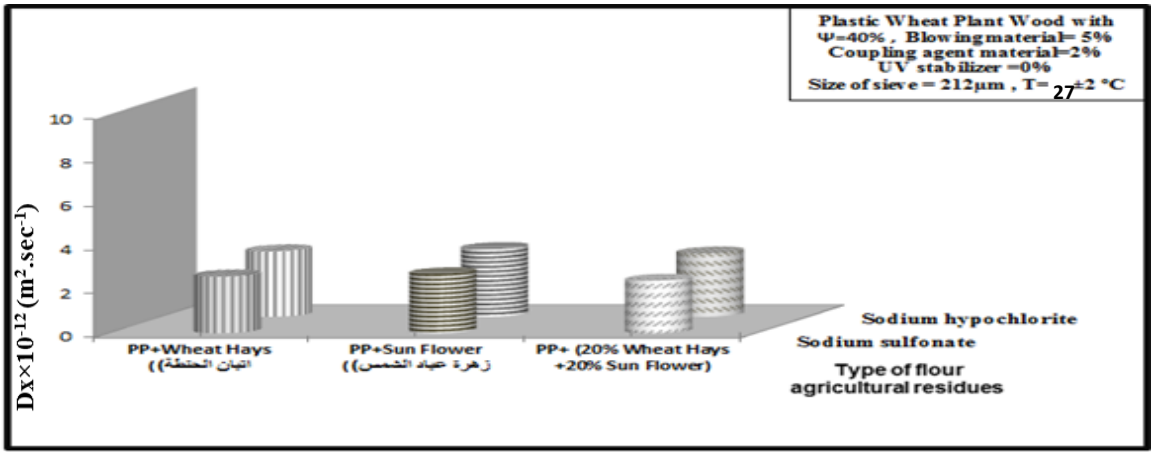
الاشكال (A64-4)(B64-4)(C64-4) تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم معامل الانتشارية لنماذج متراكبات المخلفات الزراعية المستعملة ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف) بتركيز (14%) بدرجة حرارة الغرفة(27± 2ºC) ولمدة (80) يوما.



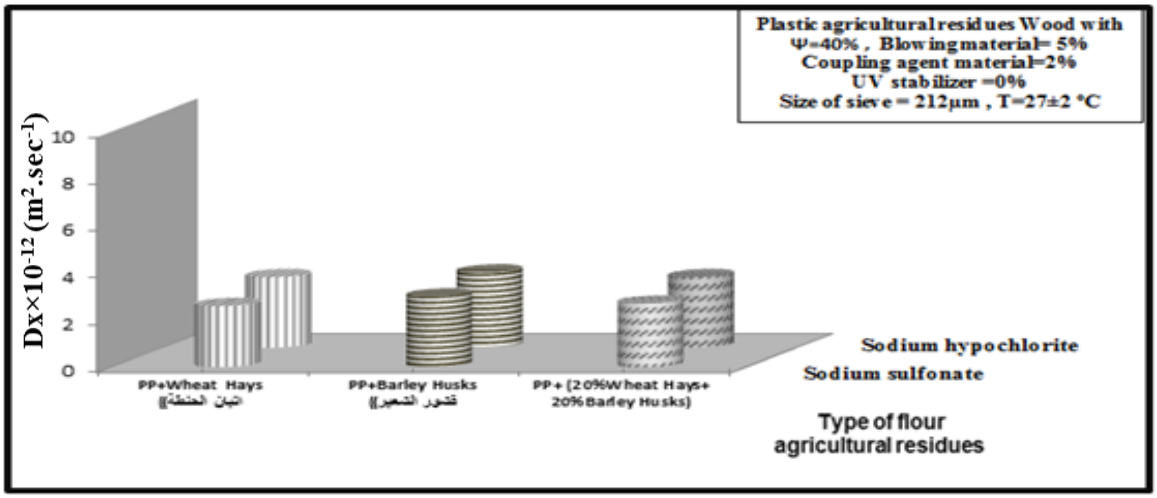
الشكل(4- D64)تأثير طبيعة مساحيق التدعيم على قيم معامل الانتشارية لنماذج متراكبات المخلفات الزراعية المستعملة ومقارنتها مع البولي بروبلين (P.P Pure) ومتراكب أتبان الحنطة بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف) بتركيز (14%) بدرجة حرارة الغرفة (27±2ºC) ولمدة (80) يوما.



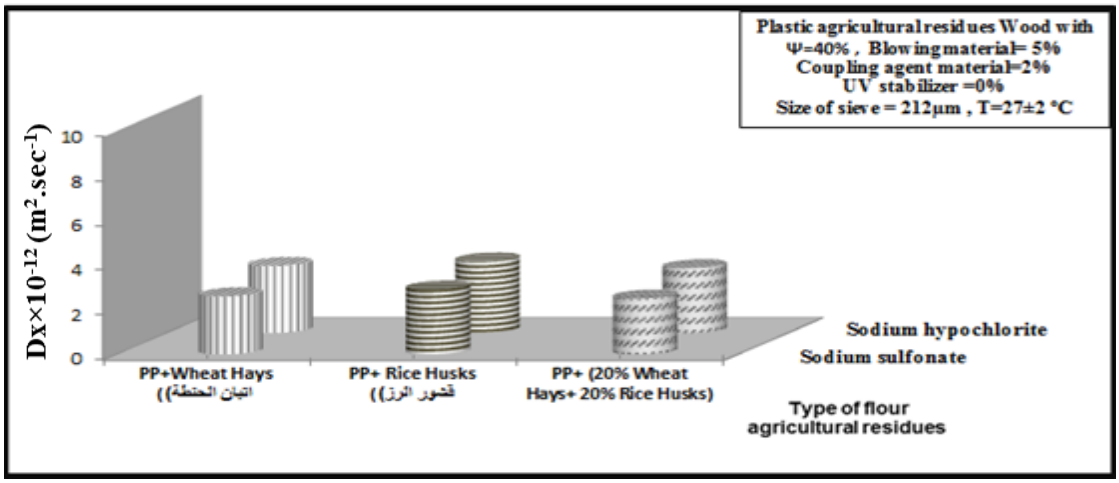
الشكل(4-65)التغير في قيم معامل الانتشار لنماذج المواد المتراكبة المتراكبة الهجينة المدعمة بنوعين من المخلفات الزراعية بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف) بتركيز (14%) بدرجة حرارة الغرفة(27± 2ºC) ولمدة (80) يوما.



الشكل (A66-4)

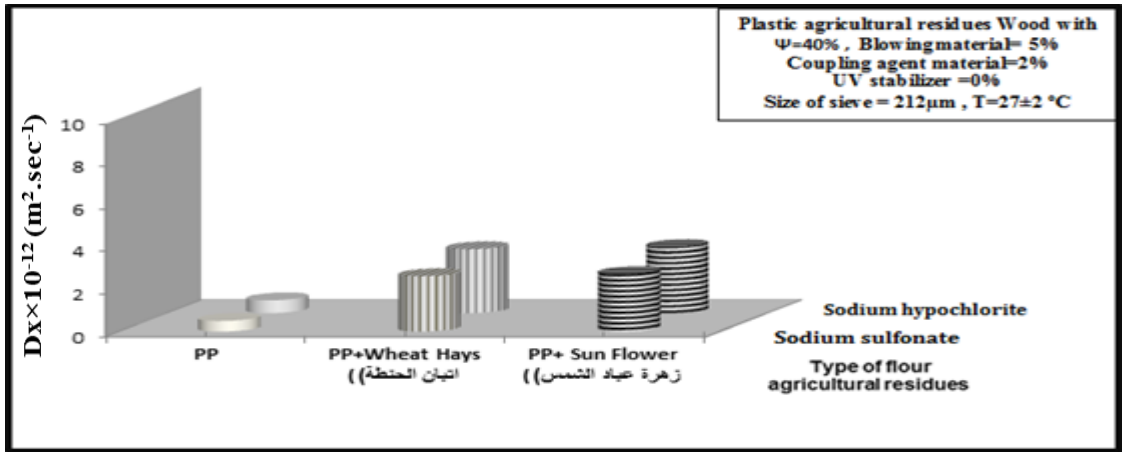


الشكل (B66-4)

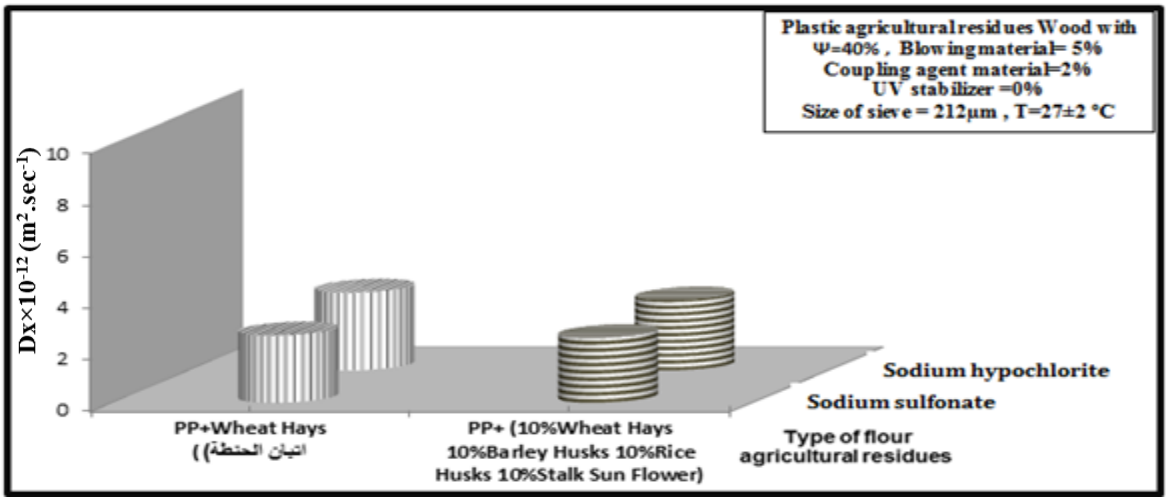


الشكل (C66-4)

الاشكال(A66-4)(B66-4)(C66-4)الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية على قيم معامل الانتشارية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف)بتركيز (14%) بدرجة حرارة الغرفة (27 ± 2ºC) لمدة (80) يوما.



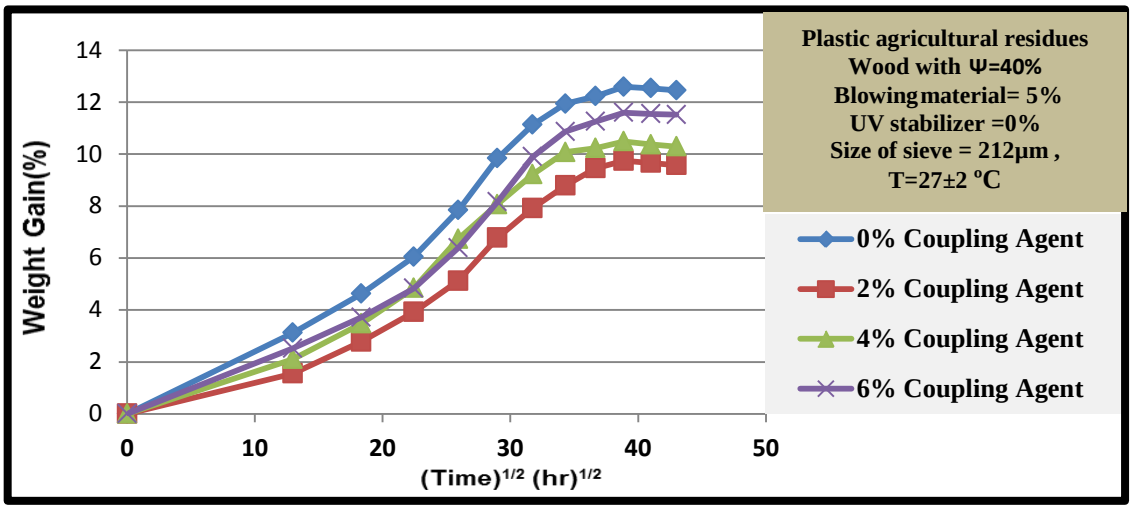
الشكل (4-D66) تأثير الية التهجين عند التدعيم بأتبان الحنطة مع احد المخلفات الزراعية المستعملة على قيم معامل الانتشارية ومقارنتها بالمتراكبات المدعمة بنوع واحد بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف)بتركيز (14%) بدرجة حرارة الغرفة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما.



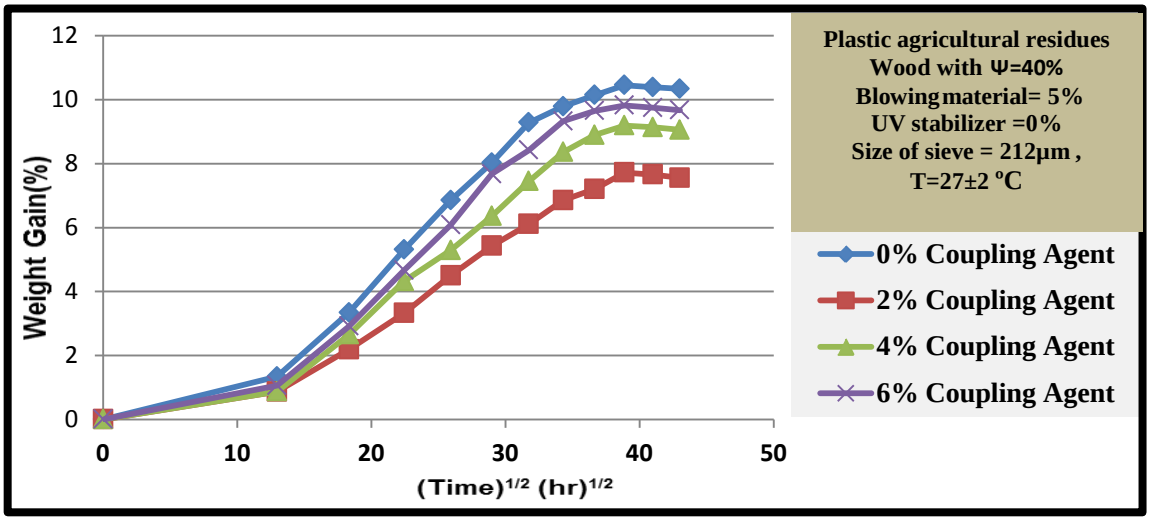
الشكل (4-67)تأثير الية التهجين عند التدعيم بأربعة انواع من المخلفات الزراعية المستعملة على قيم معامل الانتشارية ومقارنتها بمتراكب اتبان الحنطة الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف)بدرجة حرارة الغرفة (27± 2ºC) لمدة (80) يوما.

اما عند اضافة كلا من (المادة الرابطة السيلانية، المادة النافخة، مضادات الاكسدة) للمتراكب خشب متبقيات نبات الحنطة البلاستيكي. فان التأثير يكون مثلما جاء في الفقرة (4-6-1) الا ان في هذه الحالة عند استعمال محاليل التنظيف فان الربح بالوزن يقل للنماذج عن ما هو عليه بالماء الاعتيادي اي ان حد الاشباع بالنسبة للامتصاصية العينات ومعامل الانتشارية يكون اقل. اذ تبين النتائج ان غمر عينات متراكب خشب الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة السيلانية بنسبة (2%) في محلول ماء جافيل يكون اعلى معامل انتشارية من المتراكب المغمور في سائل التنظيف(الزاهي) اذ يسجل فرق بينهما ($4\times10^{-12}m^2.sec^{-1}$) وهي ذات القيمة للمادة النافخة لنفس المتراكب اذ يحتوي على نسبة اضافة تساوي(5%) بينما بأثير ماء جافيل (القاصر) سجلت عينة المتراكب الخشبي البلاستيكي من نوع

الحنطة عند اضافة نسبة (2%) من مضادات الاكسدة معامل انتشارية يساوي($2.1\times10^{-12}m^2.sec^{-1}$) وهو اكبر من المغمور في سائل التنظيف اذ يساوي ($1.7\times10^{-12}m^2.sec^{-1}$) كما مبين في الاشكال (a68-4)(b68-4)(a69-4) (b69-4)(a70-4)(b70-4)(71-4)(72-4)(73-4). فضلاً عن ذلك فان الزيادة استمرت على طول فترة الاختبار دون حدوث فقدان واضح بالكتلة للعينات المغمورة في المحاليل المنظفة وهذا الامر لا يعني استحالة حدوث عملية المج البوليميري بشكل بارز لكن مثل هذا الضرر لا يمكن ملاحظته الا بعد مدة زمنية طويلة قد تستغرق عدة اشهر اعتمادا على طبيعة المادة البوليمرية و متراكباتها التي حضرت في هذه الدراسة، والسبب في ذلك يرجع كما ذكرنا انفا الى تركيز وشكل جزيئات السائل .

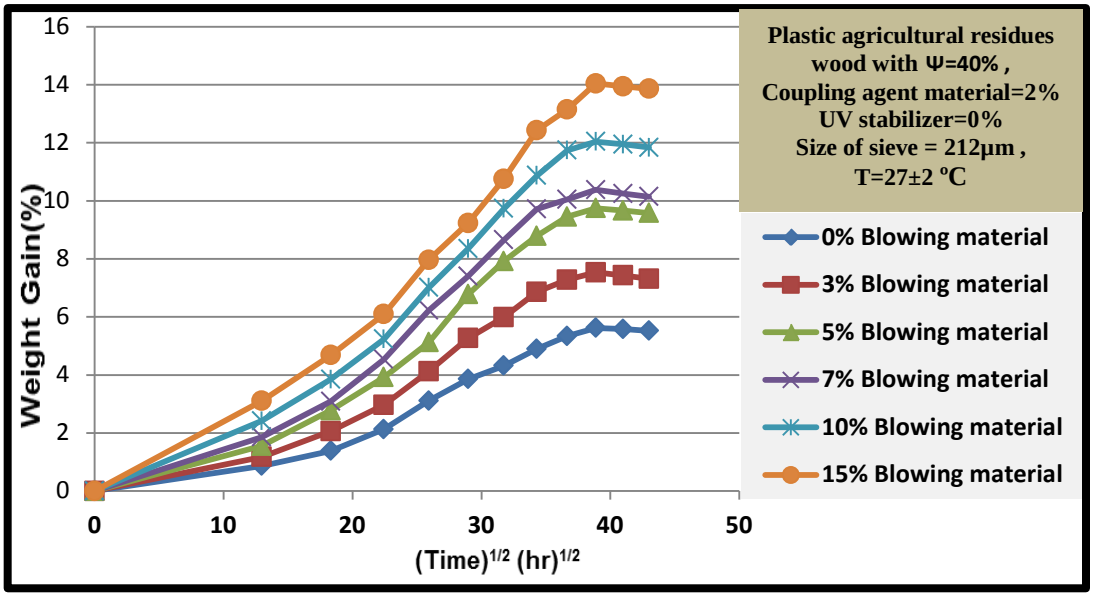


الشكل (a68-4)

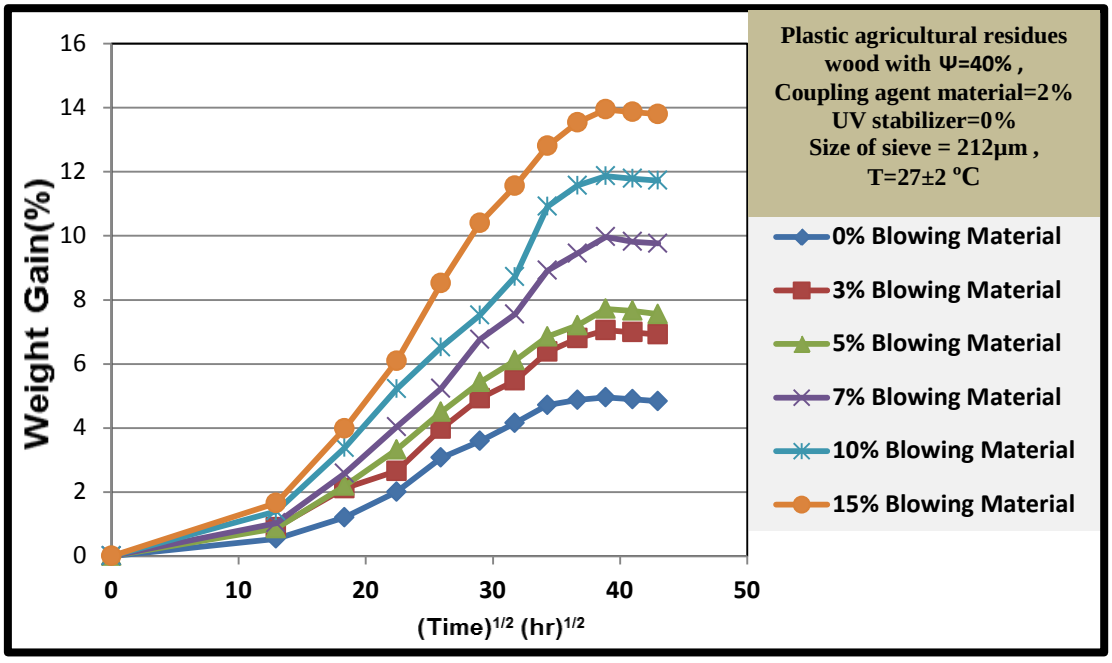


الشكل (b68-4)

الاشكال (a68-4) (b68-4)العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية والمادة الرابطة السيلانية لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمورة في (a) ماء جافيل (b)سائل التنظيف بدرجة حرارةالغرفة (27±2°C) ولمدة (80) يوما.

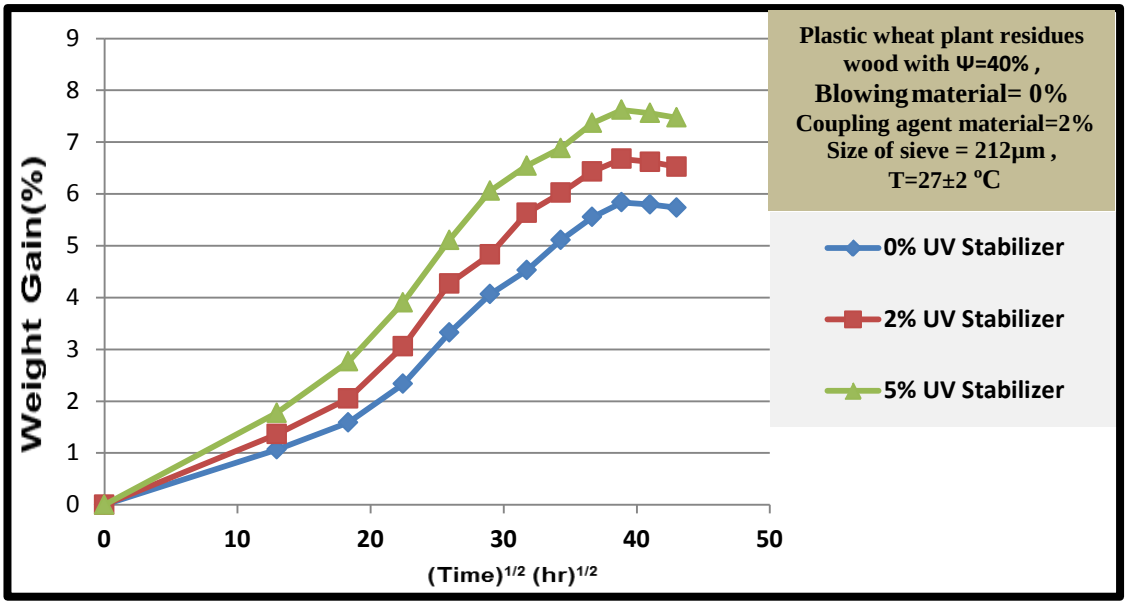


الشكل (4-a69)

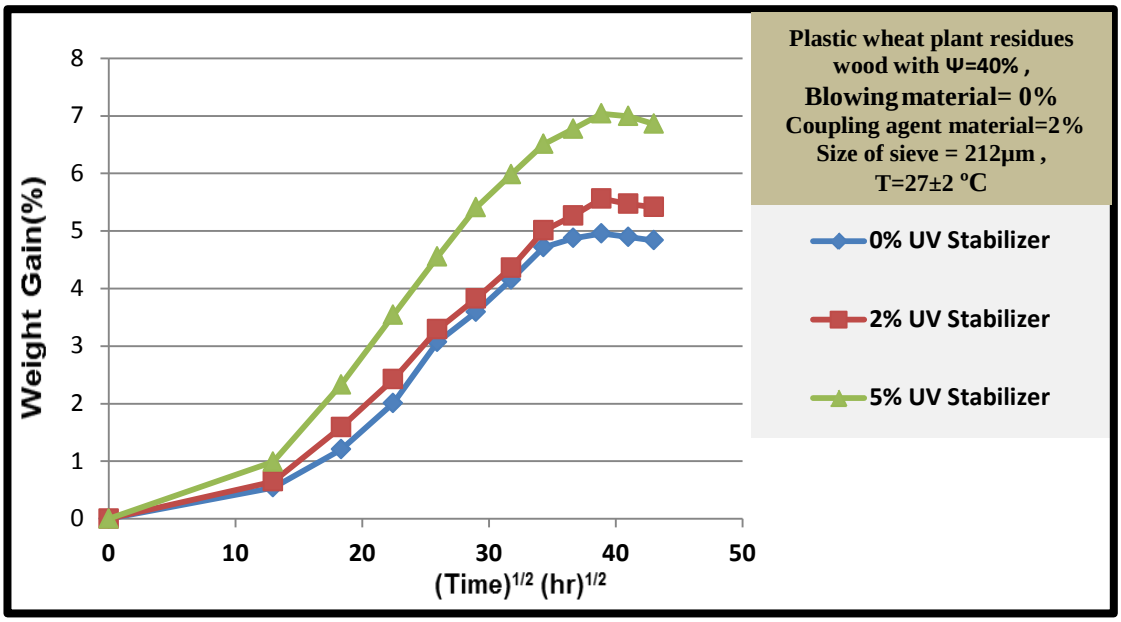


الشكل (4-b69)

الاشكال (4-a69)(4-b69)العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية والمادة النافخة لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمور بتأثير (a) ماء جافيل (b)سائل التنظيف بدرجة حرارة الغرفة (27±2°C) ولمدة (80) يوما.

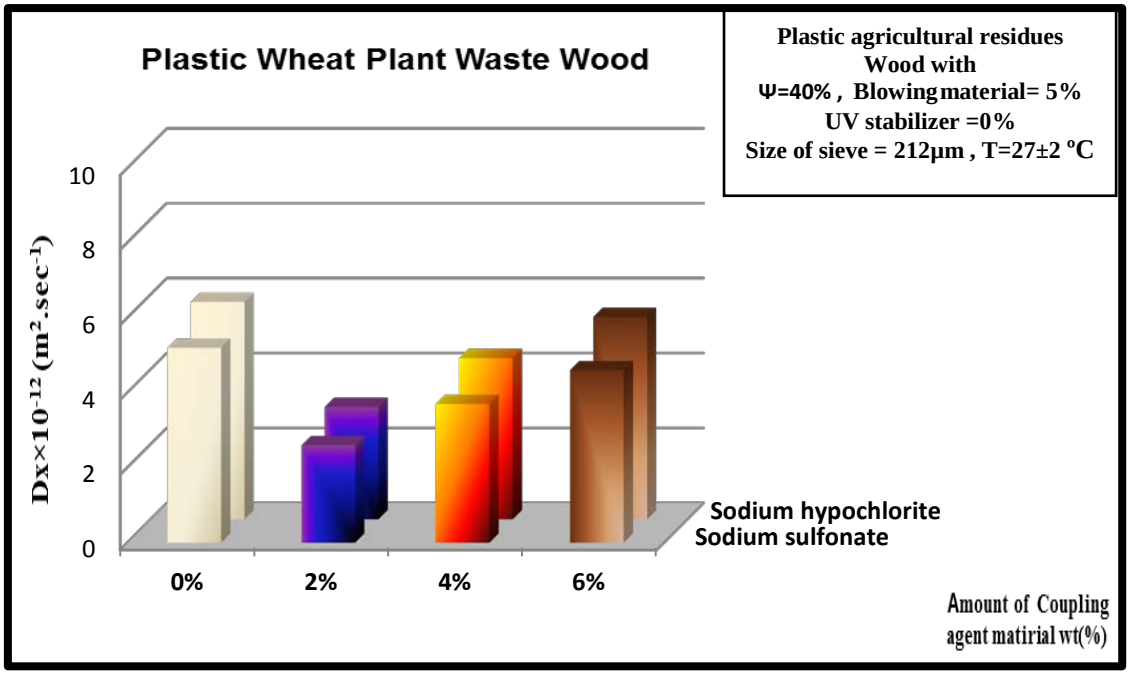


الشكل (a70-4)

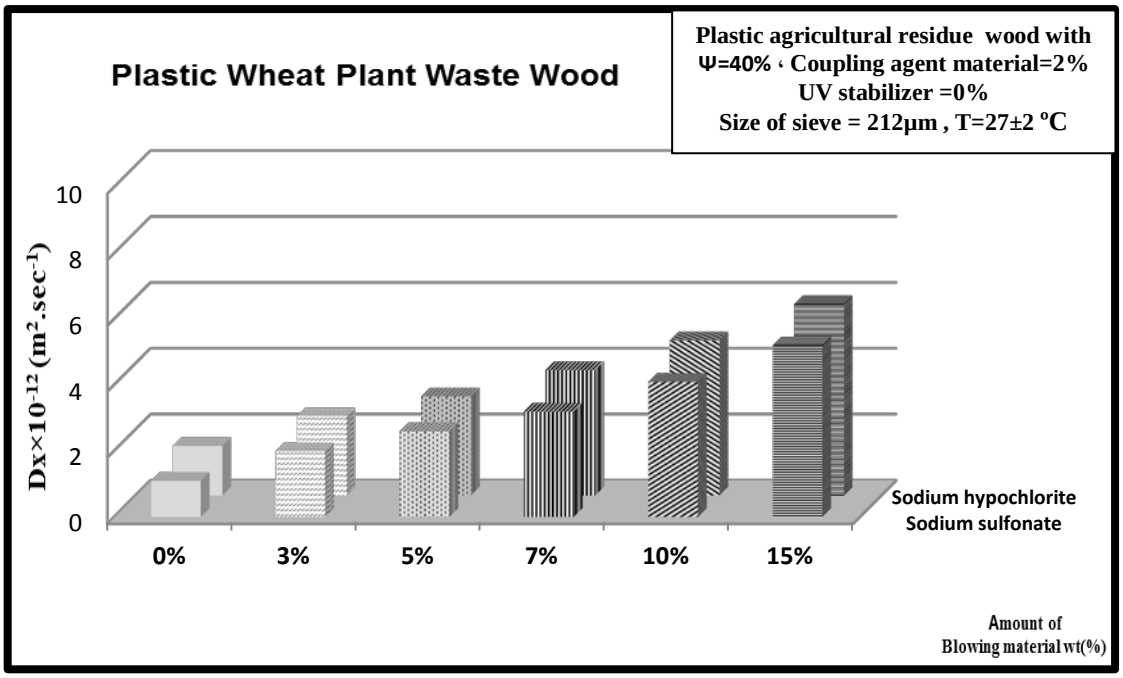


الشكل (b70-4)

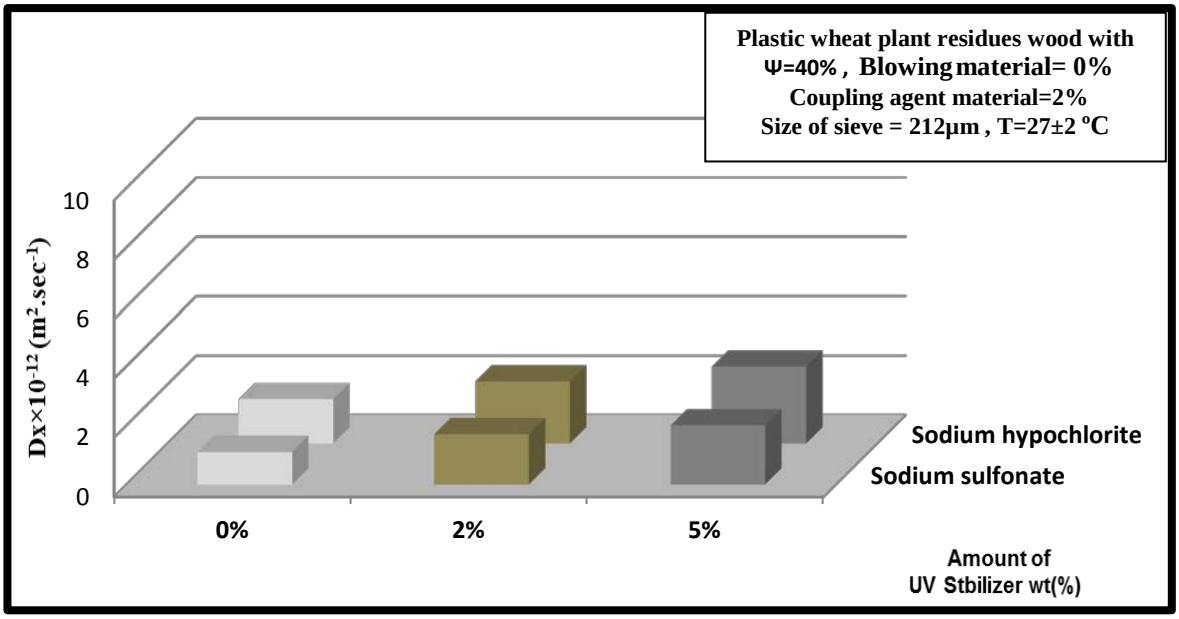
الاشكال (a70-4)(b70-4)العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية ومضادات الاكسدة لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمور بتأثير (a) ماء جافيل (b)سائل التنظيف (زاهي) بدرجة حرارةالغرفة (27±2°C) ولمدة (80) يوما.



الشكل(4-71)معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة الرابطة السيلانية بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف) بتركيز (14%) بدرجة حرارة الغرفة (27± 2°C) ولمدة استمرت (80) يوما.



الشكل(4-72)معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة النافخة بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل، وسائل التنظيف) بتركيز (14%) بدرجة حرارة الغرفة (27± 2°C) ولمدة (80) يوما.



الشكل(4-73)معامل الانتشار(Dx) لنماذج خشب اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بمضادات الاكسدة بعد الغمر في المنظفات المنزلية (ماء جافيل ،وسائل التنظيف)بتركيز (14%) بدرجة حرارة الغرفة (27± 2ºC) ولمدة (80) يوما .

الاستنتاجات والتوصيات

Conclusions الاستنتاجات

من خلال ما تم انجازه من العمل الذي تضمن كافة الخطوات المذكورة تفاصيلها في الفصول السابقة لهذه الدراسة واستنادا الى كثير من الأسس العلمية والبحوث السابقة التي أنجزت من قبل الباحثين في هذا المجال تم التوصل الى النتائج التي يمكن استخلاص النقاط التالية منها:-

1- اثبتت النتائج ان التدعيم البولي بروبلين الفردي او الهجين بدقائق مسحوق المخلفات الزراعية المستعملة حسن بصورة عامة من الخواص السطحية الميكانيكية المتمثلة ب(مقاومة الاحتكاك والصلادة السطحية) والفيزيائية (التوصيلية الحرارية والكثافة الحجمية)، اذ ان مدى قابلية البولي بروبلين على تبليل او ترطيب (Wetting)الدقائق الخشبية تتحكم في هذه الخواص، اما مقاومة الامتصاصية فقد شهدت انخفاضاً كبيراً في القيم، وفي المقابل فان زيادة الامتصاصية استمرت على طول فترة الاختبار دون حدوث فقدان واضح بالكتلة للعينات وبهذا تكون قد ادت الغرض الاساس من المتراكب البوليمير الخشبي المصمم ليتحمل الظروف التشغيلية المختلفة.

2- يلاحظ ان هنالك ضعفاً في قابلية المادة الراتنجية (البولي بروبلين) على ترطيب الدقائق الخشبية لذا وجب استعمال المادة الرابطة السيلانية نوع (ثنائي المثيل ثنائي كلوروسيلان) التي تؤدي الى رفع كفاءة الروابط البينية بين الدقائق الخشبية والبولي بروبلين بدرجة كبيرة ومباشرة الى حد معين كما يلي :-

A. إن قوة الروابط البينية (الجسور الكيميائية) المتكونة بفعل المادة السيلانية ما بين جزيئات البولي بروبلين والدقائق الخشبية تكون لها علاقة حرارية، اذ ترتفع الخواص الترايبولوجية والعزل الحراري لخشب اتبان الحنطة البلاستيكي بكل سهولة الى (23×10^{-9} gm/cm) بالنسبة لاختبار معدل البلى الذي يكون اكبر في الظروف الطبيعية الجافة، الذي يقل عند ترطيب العينات بسوائل التنظيف المزلقة، والى (5.2)على مقياس (شور-D) بالنسبة لاختبار الصلادة السطحية والى (0.022W/m.K) بالنسبة لاختبار التوصيلية الحرارية لدى معاملة الدقائق الخشبية بنسبة(2%) من المادة الرابطة السيلانية .

B. النسبة (2%) من المادة السيلانية تفوقت على النسبة (4%) في رفع الخواص الترايبولوجية والعزل الحراري لخشب اتبان الحنطة البلاستيكي. تزداد درجة ترطيب (Degree of Wetting) البولي بروبلين لدقائق الخشب المعامل بنسبة تتراوح ما بين (2%-4%) من المادة السيلانية بخفض زاوية

التماس العالية المتكونة بين سطح الدقائق الخشبية وسطح البولي بروبلين لاختلاف القطبية بينهما من خلال الرؤية العملية التي تعطيها نتائج الفحوصات المدروسة.

C. ان نقصان الربح بالوزن وحد الاشباع ومعامل الانتشارية هو المرآة لحقيقية مقاومة خشب اتبان الحنطة البلاستيكي لامتصاص جزيئات ماء الحنفية والمحاليل الكيميائية (المنظفات المنزلية)عند تعرضيها لفترة امتدت الى(80) يوما، مع استعمال المادة السيلانية لغاية ارتفاع اقصاه ما يقارب(4%)، اذ ان زيادة فوق هذه النسبة ترجع بالضرر على المتراكب الخشبي. استمر وزن العينة بالازدياد على طول فترة الاختبار دون حدوث فقدان واضح بالكتلة للعينات المغمورة في الماء والمحاليل المنظفة، اي ان المادة السيلانية تلعب دوراً كبيراً في الحفاظ على السطح البيني ما بين دقائق المسحوق والبوليمر من الانفصال .

3- ان اضافة المادة النافخة من النوع (Tracel NC 155) الى اخشاب المخلفات الزراعية البلاستيكي بنسبة (5%) والى متراكب اتبان الحنطة البلاستيكي تراوحت بين (3%-15%) له تأثير سلبي على الخواص الميكانيكية والفيزيائية المدروسة اذا ما تم مقارنتها بالأخشاب البلاستيكية الخالية من هذه المادة النافخة ولكن وجود هذه المواد في النماذج يؤدي الى حدوث تغيرات في العزل الحراري وخاصة عند توظيفها في الحياة العملية كالأرضيات بلاستيكية نظرا الى انخفاض معامل التوصيلية الحرارية.

4- الاسراف الشديد في اضافة نسبة مضادات الاكسدة من النوع (Trastab-UV10IM) الى البنية الجزيئية للبولي بروبلين سيؤدي الى الانحدار في الخصائص المدروسة مع التوقع هشاشة هذه الاخشاب البلاستيكية عند تعرضها للأشعة الشمسية. اي من الضروري التوقف نهائيا عن استعمال مضادات الاكسدة بقيمة نسبة وزنية اكبر من (2%).

5- ان المعرفة بخطورة التأثيرات السلبية التراكمية لأبخرة المتراكبات البوليمرية على صحة العاملين في مجال تحضير خشب البولي بروبلين البلاستيكي، تعد من الاساسيات من اجل النهوض بهذه الصناعة المطلوبة في بلدنا الذي يفتقر الى الخشب الطبيعي. وان اهمال هذا الامر يؤدي الى اضرار جسيمة من الناحية الصحية والبيئية مما يقود الى صناعة فاشلة قائمة على الاداء العشوائي للعاملين في هذا المجال والتي لابد من معالجتها من اجل مواكبة التطور الحاصل في هذه الصناعة لدى الدول المتقدمة صناعيا والتي تراعي السلامة المهنية كنقطة جوهرية لإتمام نجاح اي صناعة.

التوصيات واقتراحات العمل المستقبلية
Recommendations and Suggestions for Future Work

1. تدعيم الخلطات الخاصة في هذه الدراسة باستعمال انواع اخرى من المخلفات الزراعية مثل(القطن، وقصب السكر، والبردي وغيرها) او مواد خشبية اخرى كمخلفات النخيل.
2. دراسة تأثير تغير الكسر الوزني للمسحوق المستعمل على متانة وكفاءة اداء المتراكب الخشبي البلاستيكي متضمنا النسب (50%- 60%).
3. دراسة تأثير معاملة مسحوق المخلفات الزراعية بعوامل ربط أخرى مثل (Fumed- Silica ،Polyvinylalcholol ,..etc) لتعزيز الترابط مع المادة الأساس ومقارنة النتائج مع الدراسة الحالية.
4. دراسة مدى تأثير الظروف البيئية المختلفة من تغييرات درجة الحرارة، والرطوبة، وظروف الاستعمال، وكذلك تأثير التشعيع على السلوك الميكانيكي والفيزيائي للمادة المتراكبة المصنعة
5. دراسة خواص فيزيائية أخرى لمتراكبات خشب المخلفات الزراعية المحضرة مثل الانضغاطية، والزحف، والصدمة، وثابت العزل الكهربائي وغيرها.
6. اجراء الاختبارات الكيميائية لهذه المتراكبات بغمرها في محاليل مختلفة من حوامض، وقواعد، وكذلك استعمال ماء الامطار والانهار، ومشتقات النفط الخفيفة او الثقيلة بتراكيز معينة ولفترات زمنية متفاوتة، لتوضيح تأثيرها على هذه المواد وصلاحيتها للاستعمال في التطبيقات الصناعية.

المصادر

[1] - احمد عبدالوهاب, (1997) "موسوعة بيئة الوطن العربي حتمية التحول الى الزراعة البيولوجية في الوطن العربي" الدار العربي للنشر ولتوزيع-مصر.

[2] - لطيف حاجي حسن و سمير فؤاد علي (1981) " تكنولوجيا الخشب" الطبعة الاولى ،جامعة بغداد، وزارة التعليم –العراق (352).

[3] - باسم عباس وحسن حسين ،(2012) "امكانية استغلال المخلفات الزراعية والنباتات الحولية في العراق" مجلة الاستاذ، جامعة بغداد/ كلية تربية ابن رشد،1235-1247 : 203.

[4] - صلاح محمود الحجار, (2004)" ادارة المخلفات الصلبة البدائل-الابتكارات-الحلول" الطبعة الاولى ،دار النشر الفكر العربي-مصر.

[5] - رامي منصور، عبد المنعم جسري وايمان مصطفى، (2014) "الخواص الفيزيائية – الميكانيكية للألواح المصنعة من مركبات نفايات البولي إيثلين منخفض الكثافة / نفايات الخشب " مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (63) العدد(4) .

[6] - الموقع الرسمي لجهاز المركزي الاحصاء العراقي (http://www.cosit.gov.iq).

[7] - Hans P. Blaschek ,Thaddeus C. Ezeji and Jurgen Scheffran (2010) "Biofuels from Agricultural Wastes and Byproducts" 1st edition ,Blackwell Publishing.

[8] - رولا عبد الخضر عباس (2012) "دراسة العلاقة المتبادلة بين أثار البيئة السيئة في عمر إطراف الأقواس المشيدة من الخشب البلاستيكي والخسائر الزحفية، مجلة كلية العلوم - جامعة النهرين، العدد 4، المجلد 15، ص14-24.

[9] - رياض جبار منصور المالكي، هادي كريم العبودي، انتصار هادي الحلفي و صباح درع عبد،(2015) "تأثير النتروجين والبرون في نمو وحاصل صنفين من الحنطة" مجلة الزراعة العراقية (البحثية) 20(2) ،ص26-38.

[10] - R.K. Stuart ، T.J .Keener and T.K .Brown (2004) " Maleated Coupling Agents For Natural Fibre Composites" USA, Applied Science and Manufacturing, Vol.35 No2.357-362.

[11] - Mazatusziha B. Ahmad, (2006) " Mechanical Properties of Rice Husks Filled Impact Modified un Plastic Polyvinyl Chloride Composite " university Technology Malaysia ,a thesis Master of Engineering.

[12] - S. W. Kim, S. H. Lee, J. Kang and K. Kang (2006) "Thermal Conductivity of Thermoplastics Reinforced with Natural Fibers" International Journal of Thermo physics ,Springer Science +Business Media, Inc.,Vol. 27, No.6.1873-1881.

[13] - XU Min and LI Shuai (2007) "Impact of Coupling Agent on Properties of Wood-plastic Composites" Higher Education Press and Springer-Verlag، China , 2(3): 347–349.

[14] - H. Yang, H. Kim , J. Park, B. Lee and T. Hwang (2007) "Effect of Compatibilizing Agents on Rice-husk Flour Reinforced Polypropylene Composites" Composite Structures 77, 45–55.

[15] - C. Sanchez, M. Quesada, M. Orden and J. Urreaga (2008) "Comparison of the Effects of Polyethylenimine and Maleated Polypropylene Coupling Agents on the Properties of Cellulose-Reinforced Polypropylene Composites" Journal of Applied Polymer Science, Wiley Periodicals, Inc, Vol.110, 2555–2562

[16] - S. Rosaa , E. Santos, C. Ferreiraa and S. Nachtigall (2009) "Studies on the Properties of Rice-Husk-Filled-PP Composites – Effect of Maleated PP" Materials Research, Vol. 12, No.3, 333-338.

[17] - A. Sardashti, (2009) "Wheat Straw-Clay-Polypropylene Hybrid Composites" University of Waterloo, Ontario, Canada.

[18] - U. Dwivedi and Navin Chand,(2009) "Influence of MA-g-PP on Abrasive Wear Behavior of Chopped Sisal Fibre Reinforced Polypropylene Composites" Journal of Materials Processing Technology 209 ,5371–5375.

[19] - ذوالفقار كريم الابراهيمي،(2010) "تأثير المعالجة الكيمياوية لنفايات الخشب على الخواص الميكانيكية للمادة المركبة (بولي استر-نشارة خشب)"جامعة بابل ,كلية هندسة المواد- قسم هندسة المواد اللامعدنية مجلة العراقية للميكانيك والهندسة المواد، العدد(2) المجلد(10).

[20] - Y.Fang, Q. Wang and B.Xiaoyan (2011) "Thermal and Burning Properties of Wood Flour poly (Vinyl Chloride) Composite"، Journal of Thermal analysis and Calorimetry 109:1577–1585.

[21] - H. Wang, N. Pattarachaiyakoop and M. Trada (2011) "A Review on the Tensile Properties of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites" Elsevier Ltd. Composites: Part B 42, 856–873.

[22] - P.K Bajpai, Inderdeep Singh and Jitendra Madaan (2012)"Frictional and adhesive wear performance of natural fibre reinforced polypropylene composites" Proc IMechE Part J:J Engineering Tribology 227(4) 385–392.

[23] - A.J. Kozlowski , A. Goel1, and V. Narasimhan, (2013) "PVC Polymer Formulation Reinforced with Ground Wheat Straw Filler" 6th International Wood Fibre Polymer Composites Symposium, Biarritz, France Page (1–7).

[24] - T. Yallewa, P. Kumara and I. Singha (2014) "Sliding Wear Properties of Jute Fabric Reinforced Polypropylene Composites" Procedia Engineering 97 402 – 411.

[25] - Ramdziah Md. Nasir (2014)"Water-lubricated Pin-on-disc Tests with Natural Fibre Reinforced Matrix" Journal of Mechanical Engineering Universiti Teknologi Mara (UiTM), Malaysia. Vol. 11, No. 2, 41-51 .

[26] - Qasem Abd Saloom ,Ali Salman , Zareh Azat and Assam Adnan,(2015) "Improving Thermal Properties and Reducing Total Cost of Plastic Agricultural Residues Composites Used as Non-Traditional Building Materials "Engineering and Technology part(B) No.4 Vol.33.

[27] - رقية فلاح حماده الحمادي (2016)" تحضير ودارسة بعض الخواص لمتراكب البولي بروبلين المدعم بمسحوق قشور الرز" رسالة ماجستير, جامعة التكنولوجية/قسم العلوم التطبيقية .

[28] - Muhammad A. Mohammad ,(2016) "Manufacture and Performance of Wood Plastic Composite (WPC) Polyethylene Based" The University of Queensland/Faculty of Engineering, Architecture and Information Technology.

[29] - Orhan S. Abdullah , (2017)" Experimental Study to the Effect of Natural Particles Added to Unsaturated Polyester Resin of a Polymer Matrix Composite" , Journal of Al- Khwarizmi Engineering, Vol. 13, No.1,42- 49

[30] - Liangpeng Jiang, Chunxia He, Jingjing Fu and Dongmei Chen (2017)"Wear behavior of wood-plastic composites in alternate simulated sea water and acid rain corrosion conditions" Elsevier Ltd. All rights reserved. Polymer Testing 63, 236-243.

[31] - D. Stokke, Qinglin Wu and Guangping Han,(2014) " Introduction to Wood and Natural Fiber Composites" Wiley & Sons, 1st edition.

[32] - A. Bledzki, V. Sperber and O. Faruk (2002) "Natural and Wood Fiber Reinforcement in Polymers",Vol (13), N0 (8).

[33] - روبرت م.جونز (1998) "ميكانيك المواد المتراكبة " الطبعة الاولى والثانية، ترجمة د. رفيع جبرة،مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.

[34] - W. Callister, (2007) "Material Science and Engineering an Introduction" john wiely and sons. Inc.17 P 522.

[35] - C. Huang, T. Lin Wu and Y. Chen (2010)"Characteristics and Discrimination of Five Types of Wood Plastic Composites by FTIR Spectroscopy Combined with Principal Component Analysis" Holzforschung, Vol. 64, 699–704.

[36] - El-Haggar, M. Salah and Mokhtar A Kamel, (2013) "Wood Plastic Composites" Egypt, The American University in Cairo.

[37] - محمود نديم النحاس،(2005)"أحدث التطورات في مجال المواد المركبة المواد المركبة الصديقة للبيئة والقابلة لإعادة الاستخدام"مجلة جامعة الملك عبد العزيز:العلوم الهندسية،م16،ع1 ،ص77-102

[38] - M. Meyers and K. Chawla, (1999) "Mechanical Behavior of Materials", Prentice- Hall, Inc New Jersey.

[39] - P. Colomban,(2002) "Analysis of Strain and Stress in Ceramic, Polymer and Metal Matrix Composites by Raman Spectroscopy" Advanced Engineering Materials Vol. 4, No.8.

[40] - وسن جبار المناتي ,(2005) "دراسة السلوك الدقائقي لمادة متراكبة بوليمرية دقائقية " رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية /قسم العلوم التطبيقية.

[41] - وليد تركي،(2012) "دراسة التآكل الميكانيكي الجاف لمادة متراكبة ذات أساس (SiC/ Al-4%Cu) " رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية / قسم هندسة انتاج ومعادن.

[42] - B. Cantor, F. Dunne and I. Stone ,(2004)"Metal and Ceramic Matrix Composites" 1st edition.

[43] - P. Subramian, S. Krishnamurthy and S. Keller,(1998)"Processing of Continuously Reinforced Ti-alloy Metal Matrix Composite by Magnetron Sputtering" Mat. Sci. and Eng.A244 ,PP 1-10.

[44] - جمال الرفاعي وفارس السويلم,(2011) البوليمرات " تركيبها وخصائصها "مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية معهد بحوث البتروكيماويات.

[45] - I .Orbulov and K. J linger (2014) "Compressive Properties of Metal Matrix Syntactic Foamsin Free and Constrained Compression" Metals & Materials Society,Vol. 66, No.6.

[46] - E. Dimitriou and M. Petralia (2010) "Ceramic and Polymer Matrix Composite :Properties, Performance ,Applications" Nova Science Publishers, Inc. New York

[47] - د. كوركيس عبد آل آدم و د. حسين علي كاشف الغطاء، (1983) " تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات" ، جامعة البصرة /كلية العلوم .

[48] - عمر عبد الله ألهزازي، (2008) "كيمياء البوليمرات" المملكة العربية السعودية ، جامعة أم القرى.

[49] - Characterization of Polymers, (2010)"Encyclopedia of Polymer Science and Technology," Vol.9, John Wiley & Sons, Inc.

[50] - د. أكرم عزيز محمد ، (1993)" كيمياء اللدائن " ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل .

[51] - O. Olabisi and k. adewale (2016) "Hand Book of Thermoplastics" 2nd edition, Taylor and Francis Group, LLC..

[52] - سلمان الخليفة (1996) "الدائن البلاستك الحراري" سلسلة الشذى لعلم البلاستك ص191-204.

[53] - M. Biron ,(2016)"Material Selection for Thermoplastic Parts : Practical and Advanced Information for Plastics Engineers" 1st edition, Elsevier, William Andrew .

[54] - http://epema.org/studies/study05.pdf (مقدمة عن صناعة البلاستيك)

[55] - محمد اسماعيل عمر، (1998) "تكنلوجيا تصنيع البلاستك" دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع.

[56] - محمد اسماعيل عمر، (2002) "تكنلوجيا التصنيع بالحقن والرغاوي لمواد البلاستك "، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع.

[57] - سدير موفق مجيد (2008) "أثر ألحجم ألدقائقي لِمادة ألتدعيم في متراكِب ذي أساس معدني على خواص المتراكب" ، رسالة ماجستير ، الجامعة التكنولوجية /قسم العلوم التطبيقية.

[58] - S. Sapuan ,M. Harimi and M. Maleque, (2003) "Mechanical Properties of Epoxy/Coconut Shell Particles Composites", The Arabian Journal for science and Engineering,Vol.28,No2.

[59] - R. Rowell (2005) "Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites" 1st edition ,CRC Press.

[60] - R. Rowell, and A. Young (1997) " Papered Composites from Agro-Based Recourse" Lewis Publishers, New York .

[61] - عزيز احمد امين و ثروت محمود صالح ،(1982) " الكيمياء الصناعية مدخل في الاسس العلمية والتقنية " جامعة البصرة/كلية العلوم.

[62] - Hazim F. Hassan ,(2007) "Improvement of Local Novolac and Studying some Thermal , Mechanical Properties and Erosion Resistance". University of Technology Department of Applied Sciences.

[63] - D .Hull, (1996) " An Introduction to Composite Materials " , 1st edition, Cambrige University Press.

[64] - K. Jang and M. Wing, (1998) " Engineered Interfaces in Fiber Reinforced Composites " Department of Mechanical Engineering, 1st edition.

[65] - اريج رياض سعيد، (2009) "دراسة الخصائص الميكانيكية لمتراكبات بوليمرية مدعمة بمواد طبيعية"، رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية/ قسم العلوم التطبيقية.

[66] - حسن طلال جعفر الكاظمي،(2013) " دراسة تأثير عوامل الربط على الخصائص الفيزيائية للمواد المتراكبة البوليمرية" رسالة ماجستير، جامعة التكنولوجية/قسم العلوم التطبيقية.

[67] - M. Bhatnagar (2004) "A Textbook of Polymers: Chemistry and Technology of Polymers – Processing and Applications", Vol. 2., Published by S. Chand & Company LTD, New Delhi .

[68] - حسين جبار حسين، (2005) "دراسة تأثير بعض خواص الأيبوكسي المدعم بمواد طبيعية صناعية"، رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية/ قسم هندسة المواد.

[69] - E. Plueddemann, M. Chaudhury and T. Gentle (1996) "Adhesion Mechanism of Polyvinyl Chloride to Silane Primed Metal Surface" , Journal Adhesion science .Tech.Vol.1, No.1.

[70] - أحمد أحمد سرحان (2007) "دراسة الخصائص الميكانيكية والحرارية لمتراكبات بوليميرية من قشور جوز الهند" رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية/ قسم العلوم التطبيقية.

[71] - A. Bledzki and J. Gassan (1999) "Composites Reinforced with Cellulose Based Fibers "Prog. Polym. Sci. 24, 221–274.

[72] - J.Z.Lu ,Q.Wu and H.S.Mc Nabb, (2000)"Chemical Coupling in Wood Fiber and Composite : A Review of Coupling Agents and Treatment " Society of wood science and Technology State of the Art , Vol .32, No.1, (88-104).

[73] - P. Edwin, (2012) " Silane Coupling Agents", Division of Plenum Publishing Corporation , Printed in United States , New York.

[74] - Barry Arkles, (2014)"Silane Coupling Agents Connecting Across Boundaries",3rd edition.

[75] - S. Boufi , M.Abdelmouleh and A.ben salah, (2002) "Interaction of Silane Coupling Agents with Cellulose" , Vol 18, 3203-3298.

[76] - S.Boufi ,M. Abdelmouleh and M. Belgacem ,(2007) "Short Natural Fiber Reinforced Polyethylene and Natural Rubber Composites : Effect of Silane Coupling Agents and Fibers Loading" journal of composites science and Technology. 1627-1639.

[77] - جون هولنك، ترجمة محمد جواد كاظم التورنجي ، مهدي سعيد حيدر،(1985)"مدخل علم الترايبولوجيا" الجامعة التكنولوجية/ قسم هندسة الانتاج والمعادن.

[78] - هدى جبار عبد الحسين (2008)" مقاومة البلى لخلائط بوليمرية متصلدة حراريا" جامعة التكنولوجية /قسم العلوم التطبيقية ،رسالة ماجستير.

[79] - K. Herrmann (2011) "Hardness Testing Principles and Applications" 1st edition, Materials Park, OH 44073-0002 USA, ASM International.

[80] - https://en.wikipedia.org/wiki/Shore_durometer#/media/File:Durometer.png

[81] - I. Abdul Razak and M. Abdul Wahab ,(1994)"Mechanical Metallurgy" University of Technology, Department of Production Engineering and Minerals.

[82] - T. Berhanu, P. Kumara and I. Singha (2014) "Sliding Wear Properties of Jute Fabric Reinforced Polypropylene Composites" Procedia Engineerin 97,402 – 411.

[83] - T.S. Eyre, (1996) "Wear Characteristic of Metals",1st edition, Tribology International.

[84] - R. Smart ,(1982)"The relationship between Hardness and Wear", Surfacing journal , vol 13,No2.

[85] - عبير ماجد عبد العزيز الملاك، (2015) " دراسة خواص متراكبات النوفولاك المدعمة ببعض المواد السيراميكية المستخدمة كأقراص موقفات العجلات" رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية/ قسم العلوم التطبيقية.

[86] - H. Ameen, K. Hassan and E . Mhdi,(2011) "Effect of Load, Sliding Speeds and Times on the Wear Rate for Different Materials" ,American journal of scientific and industrial research.

[87] - م زيمانسكي و ر. هـ. رثيمان (1982) " الحرارة والدنياميكا الحرارية "ترجمة د. محسن سالم رضوان و د. عبدالرزاق عبدالفتاح ، دار مكجروهيل للنشر، مصر.

[88] - ابراهيم شريف، (1983) "الفيزياء (1)الحرارة وخواص المادة والصوت" دار الراتب للأبحاث الجامعية، بيروت- لبنان.

[89] - M. Shen, Y. Cui, Jing He and Y. Zhang, (2011) "Thermal Conductivity Model of Filled Polymer Composites" International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, Vol.18, No.5.

[90] - رولا عبد الخضر عباس (2007) " دراسة التأثير الحراري على الخواص الميكانيكية لمتراكب هجيني "مجلة جامعة النهرين ،العدد(1) المجلد (10) ،ص11-23.

[91] - وسن كامل حسن، (2015) "تأثير اضافة دقائق البنتونايت العراقي على الخصائص الفيزيائية للبولي ستايرين " ، مجلة جامعة كربلاء ، المجلد 13 العدد1.

[92] - د. الهام عبد المجيد إبراهيم ، (2010) " دراسة عملية لقياس الخواص المختلفة لمادة كتل الخرسانة الخلوية بعد عملية الاكساء بالزجاج" المجلة العراقية للمواد الهندسية الميكانيكية ، المجلد 10 العدد 2.

[93] - سدير موفق مجيد(2008) " أثر ألحجم ألدقائقي لِمادة ألتدعيم في متراكِب ذي أساس معدني على خواص المتراكب" ، رسالة ماجستير ، الجامعة التكنولوجية /قسم العلوم التطبيقية .

[94] - J. Stepek and H. Daoust, (1983) "Additives for Plastics", Springer- Verlag New York Heidelberg Berlin.

[95] - J. Comyn, (1985) "Polymer Permeability", Elsevier Applied Science Publishers LTD, London & New York.

[96] - S. Kazemi and H. Sharifnia,(2008) "Effects of Water Absorption on Creep Behavior of Wood–Plastic Composites" Journal of Composite Materials, Vol.42, No.10.

[97] - O. Hosseinaei, S. Wang, A. Taylor and J. Woo Kim (2012) "Effect of Hemicellulose Extraction on Water Absorption and Mold Susceptibility of Wood Plastic Composites" International Biodeterioration & Biodegradation 7129-35.

[98] - محمد عبد الكريم الحيالي (2013) "فهرست الاسماء العلمية للنباتات والآفات الزراعية المنتشرة في العراق" الطبعة الاولى، جامعة الموصل-العراق.

[99] - يحيى وليدالبزرة، ، منال ابو لبدة وملك الجبة (2014) " دراسة الخصائص السطحية للمحاليل المائية لمادة فعالة سطحيا غير ايونية ($C_{12}E_7$) ومادة فعالة سطحيا انيونية (SDBS) ومزيجهما وتأثير اضافة مواد عضوية ولا عضوية لمحاليل كل منهما" ، مجلة جامعة دمشق للعلوم الاساسية ، 30 (2) 229-251.

[100] - نجاة حسين زبون وانتصار هادي الحلفي، (2014) "تأثير الكبريت والاسمدة النايتروجينية والفوسفاتية والبوتاسية في بعض صفات نمو الحنطة Triticum aestivum L" مجلة الانبار للعلوم الزارعية، بحوث المؤتمر العلمي الرابع، المجلد: 12 ، عدد خاص.

[101] - Diene Ndiaye , Mamadou Gueye and Bouya Diop (2013)"Characterization, Physical and Mechanical Properties of Polypropylene/Wood-Flour Composites" Arab J Sci Eng 38:59–68.

[102] - Z. Haque and D. Turner (1987) "Influence of Particulate Fillers on the Indentation Hardness of A Glassy Cross- Linked Polymer", Journal of Materials Science, Vol.22, No.9, PP. (3379-3384).

[103] - N. Amdouni, H. sautereau, J. Lefebvre, F. Fernagut, G. Coulon and J. Gerard (1990) "Coated Glass Beads Epoxy Composites Influence of the Interlayer Thickness on Pre-yielding and Fracture Properties", Journal of Materials Science, Vol.25, No.28.

[104] - رغد حسين محمد الجنابي (2008) " دراسة تأثير ظروف التجوية (الاشعاع والمحاليل الكيميائية) على بعض خصائص متراكبات الايبوكسي" ، رسالة ماجستير ، الجامعة التكنولوجية/ العلوم التطبيقية.

[105] - S. Ajappai , G. Chandramohani and R. subramanlan (2006) "Materials Science-Poland" Vol. 24, No. 2/1.

[106] - N.S.Eiss and H.Czichos , (1986)" The Last Wear", Vol.111,PP(347-361).

[107] - T. Korpela, M. Suvanto and T. Pakkanen (2012) "Friction and Wear of Periodically Micro-patterned Polypropylene in Dry Sliding" Elsevier B.V. ,Wear 289 (1–8).

[108] - Z. Salleh, K. Mei Hyie, M. Berhan, Y. Taib, N. Nik Roseley and A. Razib (2014) "Effect of Water Absorption on Mechanical Properties of Kenaf and Kenaf Hybrid Polyester" Applied Mechanics and Materials Vols. 465-466 ,967-972.

[109] - G. Huang and H. Sun,(2007) "Effect of Water Absorption on the Mechanical Properties of Glass/Polyester Composites" Materials and Design 28 1647–1650.

[110] - S. Wook, D. Jun, and J. Heung (2003) "J. of Applied Polymer Science" Vol. 90, pp. 3471-3746.

[111] - T. Law and Z. Ishak (2011) "Water Absorption and Dimensional Stability of Short Kenaf Fiber-Filled Polypropylene Composites Treated with Maleated Polypropylene" Journal of Applied Polymer Science, Wiley Periodicals, Inc ,Vol. 120, 563–572.

[112] - D. Kurniawan , B. Kim, H. Lee and J. Lim (2013) "Effects of Repetitive Processing, Wood Content, and Coupling Agent on the Mechanical, Thermal, and Water Absorption Properties of Wood/ Polypropylene Green Composites" Journal of Adhesion Science and Technology, Taylor & Francis, Vol. 27, No. 12,1301–1312.

[113] - S. Mishra and J. Verma, (2006) "Effect of Compatibilizers on Water Absorption Kinetics of Polypropylene/Wood Flour Foamed Composites" Journal of Applied Polymer Science, Wiley Periodicals, Inc. Vol. 101, 2530–2537.

Summary

This study was carried out by using Polypropylene as a matrix material of the composite material and using the agricultural waste flour as a reinforced material in the formation of plastic wood floorings. In order to achieve increased durability and efficient performance of these wood composite plastic it is necessary to improve the mechanical and physical properties which are usually necessary in different applications fields engineering.

In this context, the effect of the addition of the agricultural waste flour to obtain wood composite castings was studied through two axes: The reinforcement of Polypropylene by using the agricultural waste flour in an individual form of one type after four types were chosen (wheat hays, barley husks, rice husks, discs (flower) and stalks of the sunflower plant)). The second axis was the models of the hybridization of these flours, as they were supported by two types of flour [20% The wheat hays Waste + 20% The agricultural waste other] .The other one is a hybrid of all four types of agricultural waste and (10%) of each material, While maintaining the same particle size (212 μm) and the total weight fracture of (40%) It is also mentioned that all models were formed by extrusion molding method, which was used to form castings, Twain-screw extrusion machine.

The study also examined the effect of improving quality addition including (silane coupling agents ,blowing material and antioxidants) on the physical properties Included [surface hardness, wear resistance, thermal conductivity, bulk density, Absorption and the effect of chemical solutions (household detergents)], In order to test the plastic wood flooring made of poly Propylene reinforced by particles of wheat plant waste (stalks + husks) with a size of particle (212 μm) and a ratio of weight (40%). The study cleared that the treatment of particles of wheat plant waste by the Silane material ratios of between (2-4-6)% .The results indicate that the composite containing (2-4)% showed mark able improvement in the studied properties. The increasing of Silane material ratio to (6%) with the addition of blowing material to the structure of plastic wood resulted in thermal insulation. So, It is possible obtain to changing character able absent plastic wood in their Force, mechanical strength and other properties in natural wood. The Study also showed that plastic wood increases its properties. In general, due to the addition of antioxidants by ratio (2%), but when increasing their ratio had a negative effect in the plastic wood industry.

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Diyala University
College of Sciences

Preparation of Polymeric Composites Reinforced Cellulose Materials and Studying some of their Physical Properties

A Thesis Submitted by the Student

Mohammed Mundher Hussein

To the Council of the College of Science-University of Diyala in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Physics

Supervised by

Assist. Professor Dr. Ziad Tariq Khodair

Professor . Rula Abdul Al Khader Alsaafy

2018 A.D. **1439 A.H.**