دراسة البلى الالتصاقي الجاف لمادة مركبة من راتنج الايبوكسي المدعم بألياف الزجاج

رولا عبد الخضر عباس
قسم العلوم التطبيقية
فرع المواد

مزهر علي صاحب
قسم الهندسة الكهروميكانيكيه
الجامعة التكنولوجية

بلقيس محمد ضياء
قسم العلوم التطبيقية
فرع المواد

الخلاصة:

تم دراسة البلى الالتصاقي الجاف ومقاومة الانضغاط والصلادة السطحية لمادة مركبة مكونة من مادة الايبوكسي المقواة بألياف الزجاج. ومن ثم تمت مقارنة خواص هذه المادة المركبة مع خواص مادة الايبوكسي غير المقواة وذلك لملاحظة تأثير عملية التقوية على خواص المادة المركبة عند درجة حرارة (20 ∓ 2^0C). وقد كانت نسبة الكسر ألحجمي المستخدمة للنموذج المحضر هي (25%) وأن مواد التقوية المستخدمة هي عبارة عن ألياف زجاجيه (غير محاكة) بشكل حصيرة (Chopped strand mat). توصلت هذه الدراسة إلى أن معدل البلى (Wear rate) يقل في حالة التقوية، بينما ظهرت زيادة في قيم مقاومة الانضغاط والصلادة السطحية.

أظهرت النتائج المقارنة أن معدل البلى وحجم معدل البلى من كل مادة من المواد المدروسة يزداد مع ازدياد كل من الحمل المطبق ومسافة الانزلاق وصلادة القرص الدوار وزمن استمرار التشغيل.

كما أظهرت هذه التجارب أيضا أن معدل البلى وحجم معدل البلى يتناقصان مع الاستمرار بزيادة قيم الحمل المطبق وزمن استمرار التشغيل.

ومن الجدير بالذكر تم الاستعانة بالتصوير الفوتوغرافي والمجهر لدراسة السمات السطحية للنموذج الخاضع لبعض الفحوصات السابقة الذكر

.

Meaning	الرمز	الوحدة	معنى الرمز
Wear rate	W.R	gm/cm	معدل البلى
Weight loss (wear amouut)	ΔW	gm	الوزن المفقود (كميه البلى)
Weight of sample before test	Wo	gm	وزن العينه قبل الاختبار
Weight of sample after test	Wl	gm	وزن العينه بعد الاختبار
Sliding distance	S.D	cm	مسافه الانزلاق
Disc velocity	N	Period/sec	سرعه القرص الدوار
Running time	*t*	sec	زمن التشغيل
Sliding velocity	υ	cm/sec	سرعه الانزلاق
Volume of wear rate	dV/dL	cm3.cm-1	حجم معدل البلى
Volume	V	cm3	الحجم
Density	ρ	kg/cm3	الكثافه
Radius of disc	r	cm	نصف قطر القرص الدوار
Compressive strength	σfrac	MPa	مقاومه الانضغاط
Compressibility	$\mathcal{E}_{frac}$	مجرد من الوحدات	المضغوطيه
Finale length	*l*	mm	الطول النهائي
Initial length	*l*o	mm	الطول الابتدائي
Fibers weight fraction	Ψ	%	الكسر الوزني
Weight of fibers	Wf	gm	وزن الالياف
Weight of matrix material	Wm	gm	وزن المادة الاساس
Weight of composite material	Wc	gm	وزن المادة المركبه
Fiber volume fraction	ϕ	%	الكسر الحجمي للالياف
Matrix density	ρm	kg/cm3	ρm
Filler density	ρf	kg/cm3	ρf
Epoxy resin	EP	—	راتنج الايبوكسي

الياف الزجاج	—	G.F.	Glass fiberss
راتنج الايبوكسي+ الياف الزجاج	—	EP+G.F	Epoxy reinforced with glass fibers
البولي استر غير المشبع	—	UP.	Unsaturated polyester
النوفولاك	—	Nov.	Novolak

المقدمة:

تعد مشكلة الاحتكـــــــاك (Friction) والبلى (التآكل Wear) من المشاكل المهمة والكبيرة التـــي تعاني منها جميع أنظمة التشغيل ذات الحركات الترددية أو الانزلاقية أو التدحرجية وذلك بسبب تأثيرها السلبي علـــى دقة أداء وعمل تلك المكائن حيث يمكن أن تقلل من قدرتها العملية أو كفاءتها الإنتاجية علاوة على الخسائر الجســيمة المترتبة من جراء إصلاح وإعادة بناء الأجهزة التالفة [1].

فالبالى (التآكل Wear) يعرف على انه عمليه فقدان المادة من أحد السطحيين أوكليهما عندما يكونـــان تحـــت تـــأثير حركه نسبيه أو هو الاستمرار في فقدان المادة من الســطح عندما يكون محملاً وتحـــت تـــأثير حركـــة نســـبية [2] فالمعروف أن هناك عدة أشكال لآلية البلى (Wear) نتيجة الاتصال بين السطوح أو بفعل غازات أو سوائل تحتـــوي على دقائق صلدة نذكر منها مايلي[3] [4]:-

1- البلى الالتصاقي(Adhesive wear). 2- البلى الحكي (Abrasive wear). 3- البلـــى الكلالـــي (Fatigue wear). 4- البلى التقرح (Fretting wear). 5- البلـــى الفجـــوى(Cavitations wear). 6- البلـــى الانفصـــالي (Delaminatting wear) 7- بلـــى التعريـــه (Erosive wear). 8- البلـــى التـــآكلي (Corrosive wear).

ونظرا للمخاطر الناجمة عن ظاهرتي الاحتكاك والبلى فقد أهتم الباحثون بدراسة الاحتكاك والبلى ومعرفـــة أســـبابها والعوامل المؤثرة عليهما، وقد عملوا علـــى تقليـــل هـــذه الظاهرة باستخدام وسائل ذات تقنيات حديثة ومتعددة منهـــا تحسين الصلادة السطحية، أو استخدام الكربنـــة والبـــودرة وكذلك استخدام أشعة الليزر واستغلال خاصية التحـــولات الطورية لبعض المواد عند سطوحها المحتكة أثناء الخدمة .

حيث تعد سبائك النحاس وخاصة مسبوكات سبائك البرونز الاختيار الأمثل للمحامل (Bearings) عند تشغيلها مقابـــل الفولاذ أو حديد الزهر حيث تمتاز سبائك البرونز بالمتانة، قابلية التشغيل، مقاومة جيده الاحتكاك والبلى إضافة إلـــى مقاومتها للتآكل الكيميائي [1]، إلا أن في السنوات الأخيرة استعملت المواد اللدائنية كبديل عن المعادن بشكل متزايـــد في مجال علم الترابيولوجيا رغم أن هذه المـــواد الدائنيـــة ذات معاملات احتكاك ليست بالواطئة لكن فائدتها الرئيسية تكمن في أنها قليلـــة التآكـــل (البلـــى) باســـتثناء التفلـــون (PTEF) الذي له معامل احتكـــاك قليـــل جـــداً يقـــدر بـ (0.05)[4].

(المواد المكونة لها مختلفة كأن تكون ذات ألياف مختلفـــة) فأن الصفائح تسمى بالصفائح المهجنة ولذلك يـــدعي هـــذا النوع المركبات الهجينة (Hybrid composites)[8].

لهذا نجد من الضروري أجراء دراسات مستفيضة حـــول تلك المواد المركبة التي تدخل في عمليات تشغيل الأنظمـــة ومع التقدم العلمي والتقني بـــرزت العديد من التقنيات كـ (التطبيقـــــات الفضائية والتطبيقات المســـتخدمة تحـــت المـــاء وبعـــض التطبيقات الخاصة بوســـائط النقـــل) تطلبـــت مـــواد ذات مواصفات مثالية [5] وأن المقصود بالمواد المثالية هي تلك المواد التي تتمتع بخواص معينة نورد منها مايلي [6][7] :-

1- المقاومة والمتانة. 2- انخفاض الكثافـــة. 3- خـــواص كهربائية وحرارية جيد. 4- صلادة ســـطحية عاليـــة. 5- مقاومة للمواد الكيميائية والرطوبة. 6- مقاومـــة لـــدرجات الحرارة. 7- إمكانية التشكيل بأشـــكال وأحجـــام مختلفـــة بسهولة وفي نفس الوقت ذات كلفة قليليه نسبياً.

فعلى الرغم من كون المعادن وكل السبائك تمتاز بأنها قوية ومتينة إلا أنها تفتقر إلي المقاومة والمتانة، لذلك كان ابتكار المواد المركبة بمثابة الخطوات الأولى من أجل بلوغ تلـــك الخواص المثالية المرغوب فيها في اغلب الصناعات [6].

هذا ومن الجدير بالذكر أن مصطلح مركب يستخدم في علم المواد ليعني المادة المتكونة من مادة رابطة التـــي تضـــم عوامل التقوية أو التسليح وعليه فالمادة المركبة هي المادة المؤلفة من اثنان أو أكثر من المتكونات، لـــذالك تصـــنف المركبات حسب أشكال التدعيم الشائعة الاستعمال إلى [8] :-

1- المركبات الحبيبية (Particulate composites). 2- المركبات الليفية (Fibrous composites). 3- المركبات الصفائحية أو الرقائقية (Laminated composites).

أن النوع الأول يتألف من دقائق منتشرة في المادة الرابطة كما هو الحال مع الكونكريت والنوع الثـــاني يتـــألف مـــن ألياف ذات مقاومة عالية مغمورة في مادة رابطة كمـــا أن كلاً من الألياف والمواد الرابطـــة يحتفظـــان بخواصـــهما الفيزيائية والكيميائية ويتصفان بصفة التـــآزر أو التســـاند (Synergism) وهذا النوع ينقسم إلى نوعيين وكمايلي:-

أ- المركبـــــات ذات الألـــيـــــاف الطويلـــــة (Continuous fibers).

ب - المركبات ذات الألياف القصيرة (Short fibers).

أما النوع الثالث من المركبات فأنه يشـــكل عنـــد تشـــكيل طبقات متعددة من المادة المركبة مـــع بعضـــها لتكـــوين صفيحة من المادة المركبة وعندما تكون كل طبقـــة مـــن الطبقات أعلاه متماثلة أو متشابهة فأن هذه الطبقات تسمى صفيحة (Laminate) مثل الـــورق والخشـــب الرقـــائقي (خشب مصنوع من طبقات رقيقة مغراة) أمـــا أذا كانـــت الطبقـــات المكونـــة للصـــفائح مختلفـــة فـــي تركيبهـــا الميكانيكية المتعددة المتضمنة في عملها ظاهرتي الاحتكاك والبلى ليست لغرض معرفة التأثيرات السلبية لمثـــل هـــذه الظواهر فحسب، بل وللسيطرة على تأثيراتها الاقتصـــادية وتوفير الحماية منها.

ففي عام (1982) قام الباحث (Dowson) وجماعته بدراسة البلى لـ (UUMWPE) (Ultra high molecular weight of polyethylene) المنزلق على قرص مصنوع من نفس المادة مرة وعلى قرص من الفولاذ المقاوم للصدأ الناعم نسبياً (ذا خشونة واطئة) والجاف مرة أخرى وكذلك دراسة تأثير توجه جزيئات البولي أثيلين (P.E.) على مقاومة البلى وعليه تم التوصل إلى أن الاتجاه العمودي لجزيئات البولي أثيلين (P.E.) على سطح البلى يكون مرغوب فيه بينما الاتجاه الموازي لجزيئات البولي أثيلين (P.E.) على سطح البلى يكون غير مرغوب فيه بينما الاتجاه الموازي لسطح البلى يساهم في تقليل نسبة البلى، أما في حالة انزلاق البولي أثيلين على نفسه فأن جزيئات هذه المادة تكون سهلة الفصل بسبب ارتفاع درجة الحرارة خلال السطح البوليمري (سطح البولي أثيلين)[9].

وفي عام (1989) قام الباحثان (Gaines) و(Ralph) بدراسة خواص الاحتكاك والبلى والمقاومة الكهربائية لمادة مركبة من الكربون الزجاجي (Glass carbon) المدعمة بألياف النحاس، وتوصل الباحثان إلى إن قيم المقاومة الكهربائية ومعامل الاحتكاك تكون مقاربة جداً إلى القيم القياسية للمقاومة الكهربائية ومعامل الاحتكاك لتلك المواد الداخلة في تكوين المركب. واستطاع الباحثان إنتاج تلك المادة المركبة عن طريق عملية البلمرة العضوية لتكوين المادة الأساس (Glass carbon) حول الألياف النحاسية المستخدمة في التدعيم وتعتبر تلك الطريقة مختلفة عن الطرائق التقليدية لإنتاج المادة المركبة من المساحيق بواساطة المكبس أو انتشار المعدن إلى داخل الجسم الكرافيتي. وتتميز المادة الناتجة بهذه الطريقة بامتلاكها مواصفات خاصة حيث تمتاز بسهولة المداولة لأنها مواد ذات متانة عالية وذات قابلية امتصاص صدمة عالية بسبب وجود الألياف المعدنية[10].

وفي عام (1993) قام الباحث (Chang) بدراسة خواص البلى لمادة مركبة من راتنج الايبوكسي المدعم بألياف الكرافيت المستمرة وتوصل الباحث إلى أن اقل نسبة للبلى يتم الحصول عليها عندما يكون اتجاه الألياف هو (30^0) من اتجاه الانزلاق[11].

وفي عام (2001) قام الباحثان (Jang) و(Kim) بدراسة تأثير مقدار الرطوبة على خصائص الاحتكاك لبعض المواد ومنها الكرافيت و (MoS_2) و(Sb_2S_3) وتوصل الباحثان أن المواد الحاوية على الكرافيت تتأثر بصورة رئيسية بالرطوبة والتي تعطي أقل معامل احتكاك في مستويات الرطوبة العالية بينما المواد الأخرى فأن معامل الاحتكاك لها يكون عالياً وتحت مستوى رطوبة عالي[12].

وفي عام (2008) قام الباحث (H. J. A. Hussein) بدراسة خاصية البلى الالتصاقي مع تغير الحمل المسلط وسرعة الانزلاق ونوع القرص الدوار لخلائط بوليمرية مكونة من راتنج الايبوكسي والبولي استر الغير المشبع والنوفولاك) وبنسب وزنيه قدرها (80% EP. +20% UP.)، (80% EP. + 20% NOV.)، (80% EP. +10% UP. + 10% NOV.)، (20% +20% NOV.). وقد أوضح الباحث ان معدل البلى يكون ذو قيمة مرتفعة في الخلائط الثنائية وأن معدل البلى يزداد مع زيادة الحمل المسلط إلى مقدار (20N) علاوة على ذلك أن الخلائط البوليمرية المنزلقة على قرص النحاس الدوار تبدي معدل بلى عالي مقارنة بقرص الحديد[13].

الهدف من الدراسة:

المساهمة في تحسين بعض الخواص الترايبولوجية (Tribological properties) لراتنج الايبوكسي وذلك بتدعيمه بألياف زجاجيه (غير محاكة) بشكل حصيرة (Chopped strand mat)، ونظراً لكون ألياف الزجاج مواد ذات موصليه حرارية منخفضة الأمر الذي يستدعي أن يكون الكسر الحجمي قليل عما هو سائد عليه لتحسين خصائص البلى (characteristics – Wear) بصورة خاصة، حيث أن عمر البلى (life Wear) للمركب المحضر يتأثر بارتفاع درجة الحرارة السطحية أثناء العمليات الانزلاقية. وللوصول إلى هذا الهدف تم استخدام ألياف الزجاج بكسر حجمي قدره (25%).

علاوة على تحديد مدى الانحراف الحاصل في مقاومة البلى (التآكل) للنماذج قبل وبعده التدعيم وتحت الظروف الجافة مع تغير كل من (الحمل المسلط، مسافة الانزلاق، زمن الانزلاق وصلادة القرص الذي تنزلق عليه المادة المحضرة).

كما تهدف هذه الدراسة للتعرف على التغيرات الحاصلة في بعض الخواص الميكانيكية كـ (مقاومة الانضغاط والصلادة السطحية) للراتنج بعد تدعيمه بالألياف.

(الجانب النظري):

(البلى الالتصاقي Adhesive wear).

يحدث هذا النوع من البلى في حالة انزلاق السطوح على بعضها البعض[14]، وتحت تأثير حمل بحيث يكون الضغط على النتوءات المتماسة على درجة كبيرة يكفي لأحداث تشوه لدن(plastic deformation Local) وتلاصق(Adhesive) يحصل عند السطوح النظيفة بين عدد قليل من النتوءات لوجود قوة الجذب بين ذرات السطحين [15]. ونظراً لكون مسافة التلامس الحقيقية أقل بكثير من التلامس الظاهرية، فأن الضغط يكون عالٍ عند قمم النتوءات المتلامسة وباستمرارية الحركة بين السطحين المتلامسين سوف يحصل تمزق في نقاط التلامس الضعيفة[16].

أن هذا النوع من البلى يقدر بحوالي (15%) من مجموع البلى الكلي الذي تواجه التطبيقات الصناعية [16]. ويمكن تلخيص أهم أنواع البلى الالتصاقي في الأتي[4]:-

أ- البلى (تآكل) المعتدل.

ب- البلى (تآكل) الحاد.

أن التآكل المعتدل يتولد عادة عندما تكون الحمولات واطئة، حيث يكون التماس المعدني معدوماً تقريباً، وتكون نفايات التآكل (حطام البلى) على شكل دقائق ناعمة جداً وعادة من الأكاسيد، وهذا يعني أن التماس المعدني لم يحدث أبدا، ألا أن النفايات المعدنية الناتجة من التآكل تتأكسد في درجات الحرارة ألموضعيه العالية، ومع ذلك طبيعة تشابك نتوءات الأسطح المتماسة تكون معتدلة، مولدة تآكلاً معتدلاً وتنعيماً للسطوح المتماسة .

وتحت حمولات عالية تصبح عملية التآكل أكثر حدة وتكون نفايات التآكل كبير الحجم نسبياً وتصبح السطوح المتآكلة ذات خشونة عالية ويزداد معدل حجم التآكل بصورة كبيرة جداً، وهذا يدعى مجال التآكل الحاد.

أن من الجدير بالذكر هناك حقيقة غريبة لهذين النوعين من السلوك التآكل، هو التغير السريع من نوع إلى آخر، بمجرد زيادة الحمل[4].

(قياس البلى The Measurement of Wear)

بصورة عامة لقياس البلى نستخدم طريقة واحدة أو أكثر من الطرق الآتية [17]:-

1- الطريقة ألوزنيه. 2- طرقة القياس الميكانيكية. 3- الطريقة الضوئية. 4- طريقة قياس البلى باستخدام الفحص الإشعاعي.

وفي هذه الدراسة تم اعتماد الطريقة ألوزنيه (Method The Weighting).

الطريقة ألوزنيه لقياس البلى:-

تعتبر هذه الطريقة سهلة يمكن من خلالها الاستدلال على البلى حيث تعطي هذه الطريقة كمية البلى الكلية، وأن مدى القياس ألوزنيه لها بحدود (10^{-4}gm) وتتلخص هذه الطريقة بوزن العينة قبل الاختبار وبعده وأن الفرق بين الوزنين يمثل كمية البلى[17] .

يمكن حساب معدل البلى للمواد البوليمرية ومركباتها المحضرة باستخدام الطريقة ألوزنيه من العلاقة الاتيه [1][18]:-

$$Wear\ rate\ (W.R) = \frac{\Delta W}{S.D} \ldots \quad (1)$$

$$\Delta W = W_0 - W_1 \quad (2)$$

أن ($S.D$): مسافة الانزلاق (Sliding distance) يعبر عنها بالمعادلة الآتية[1][18]:-

$$S.D = v.t \quad (3)$$

وأن (v): سرعة الانزلاق (Sliding velocity) تعطى بالمعادلة الآتية:-

$$v = \pi D N \quad (4)$$

وأن (N): سرعة القرص الدوار (Disc velocity) والذي يقاس بوحدة (دورة/sec)، علماً بأن سرعة القرص الدوار للجهاز المستخدم في إجراء اختبار البلى (wear) والذي يقدر بـ (دورة/دقيقة أو 510 r.p.m).

(D): قطر الانزلاق (Sliding diameter) ويقاس بـ (cm).

وأن D يمكن أن يعبر عنه بـ ($2r$).

وعليه فأن المعادلة (4) تصبح بشكل التالي [18]:-

$$v = \frac{2\pi.rN}{60} \ldots (cm/\sec) \ldots \quad (5)$$

وعليه فأن المعادلة (1) تصبح بالشكل التالي:-

$$Wear\ rate (W.R) = \frac{\Delta W}{(2\pi.r.N\,6/60)} \ldots (gm/cm) \ldots . \quad (6)$$

كما تم حساب حجم معدل البلى (Wear rate volume) بدلالة مسافة الانزلاق ويمكن توضيحه بالمعادلة الآتية [18] -:

$$\frac{dV}{dL} = \frac{\Delta W}{2\pi rt\,.N\rho} \ldots\ldots (7) \quad (7)$$

العوامل المؤثرة على طبيعة البلى wear behaviors (Factors affecting)

هناك عدة عوامل رئيسية ذات تأثير على طبيعة التآكل المتولد في المواد البوليمرية ومركباتها نورد منها مايلي [4][19]:-

1- نوع الراتنج. 2- مواد التسليح. 3- توزيع مادة التسليح. 4- كفاءة الترابط بين مواد التسليح والمادة الأساس. 5- الصلادة السطحية . 6- ظروف التشغيل.

(الصلادة Hardness)

يمكن تعريف صلادة المادة بأنه قدرة المادة على مقاومة حدوث علامة بها، أو مقاومة سطح لحدوث خدوش به.

وعند أجراء هذا النوع من التجارب تستخدم عادة رؤوس دقيقة من مواد صلدة لكي تستطيع أن تتغلغل في المادة المصلدة المعطاة. وعند تغلغل الرأس المدبب فأنه يحصل أولاً تشوه مرن (Elastic) يتبعه تشوه لدن (plastic)[20].

ومن الجدير بالذكر أن الصلادة العالية تعتبر مؤشر دقيقاً لمقاومة الصلابة العالية. وبالرغم من ذلك لا تعتبر الصلادة مؤشراً دقيقاً للمقاومة على الآكل الميكانيكي (Wear)[4].

(مقاومة الانضغاط Compressive Strength)

أن مقاومة الانضغاط تعرف بأنها أقصى إجهاد (σ_{frac}) تتحمله المادة الجاسئة تحت الضغط العمودي.

أما مضغوطة المادة (Compressibility) فتعطى من العلاقة الآتية [21]:-

$$\in_{frac} = \frac{l - l_o}{l_o} \ldots \quad (8)$$

أن ($\in_{frac}$) تمثل الانفعال عند لحظة انبعاج جوانب المادة وتشققها بسبب تأثير نسبة بويزن(Poisson's effects).

الجزء العملي:-

ـ (المواد المستعملة):

أ- المادة الأساس (Matrix Material).

لقد استعمل في هذه الدراسة راتنج الايبوكسي المحتوي على مجاميع الايبوكساید (Epoxides) نوع كونبكسترا (Ep-10) (Conbextra Ep- 10) كمادة أساس في المادة المركبة المحضرة، وعادة ما يكون الايبوكسي على شكل سائل شفاف ذو لزوجة واطئة قابل للمعالجة إلى الحالة الصلبة عند تصليده وذلك بإضافة المادة المصلدة (Hardner) من نوع (Diamine Metaphenylene) (MPDA) وهو مادة سائلة خفيفة القوام ذات لون شفاف تضاف إلى الراتنج بنسبة (3:1) ويحدث التفاعل في درجة حرارة الغرفة ويكون التفاعل باعثاً للحرارة (Exothermic) من نوع تفاعلات الإضافة (Reaction addition).

ب- مواد التدعيم (Reinforcing Materials).

استعملت ألياف الزجاج نوع (E) المحاكة بهيئة حصيرة من ألياف مقطعة (Chopped strand mat) حيث تمتاز ألياف الزجاج بكثافة مقدارها ($2.6\ gm/cm^3$) ومعامل يونك ذو قيمة تقدر بـ (72 GPa) ومتانة شد بحدود (1700 MPa) [22].

ـ (تحضير النماذج):

تضمنت عملية تحضير النماذج ثلاث مراحل وهي:

أ- تهيئة القالب (Mold Preparation).

ضمن هذه المرحلة تم تهيئة قالب لعملية الصب مصنوع من الحديد المغلون وبأبعاد (25×25)cm. بعد تهيئة القالب أجريت له عملية تنظيف دقيقة ثم تبعتها عملية تخفيف، بعد ذلك ولضمان عدم التصاق الراتنج على القالب وسهولة استخراج المصبوبات بعد اكتمال عملية التصلب تم وضع الفابلون اللاصق على الجدران الداخلية للقالب كمادة عازلة بعدها أصبح القالب جاهز لعملية الصب.

ب- نسبة الإضافة (Addition Ratios).

تم تحضير مادة متراكبة بكسر حجمي قدره (25%) وذلك بالاعتماد على العلاقة التالية [6] [20]:-

$$\psi = \frac{W_f}{W_c} \times 100\% \ldots \quad (9)$$

$$W_c = W_f + W_m \quad (10)$$

$$\phi = \frac{1}{1 + \left(\frac{1-\psi}{\psi} \times \frac{\rho_f}{\rho_m} \right)} \quad (11)$$

ج- تقنية التحضير (Preparation Technique).

تم تحضير المركب باستخدام تقنية القولبة اليدوية (Hang Lay up Molding) بالخطوات التالية:-

1- قطعت طبقات الألياف المستعملة في هذه الدراسة بالإبعاد (25×25cm) ووزنت بحيث تحقق الكسر ألحجمي (25%) ثم بعد ذلك تم وضعها في المجفف الكهربائي (Oven) بدرجة حرارة ($50\ ^0C$) لمدة ساعة واحدة لغرض إزالة الرطوبة منها لضمان عدم تكون سطح فاصل مابين المادة الأساس ومادة التدعيم.

2- تم وزن كمية من الراتنج (الايبوكسي) ثم أضيفت له كمية من المصلد وبنسبة وزنيه تقدر بـ (3:1)، وبعدها تم خلط المحتويات داخل وعاء بلاستكي علماً بأن الخلط تم بصورة تدريجية لضمان عدم تكون الفقاعات بواسطة قضيب زجاجي ثم بعد ذلك تم الخلط ميكانيكياً وجديراً بالذكر أن الراتنج يضاف إلى مواد التدعيم ويخلط قبل تصلبه.

3- بعد تحضير الراتنج المطلوب إضافته، يتم توزيع طبقة من الراتنج على سطح قاعدة القالب بشكل متساوي ومنتظم ثم أضيف طبقة واحدة من حصيرة الألياف على طبقة الايبوكسي وضغطت بصورة عمودية على مستوي قاعدة القالب بأسطوانة مسننة من الألمنيوم لغرض طرد الفقاعات، وبعد الانتهاء من عملية الصب وضع اللوح المعدني (غطاء القالب) على المادة المركبة لغرض انتظام السمك. بعد اكتمال عملية التصلب ولجميع القوالب والتي هي (24) ساعة يتم استخراج المصبوبات من القوالب، بعدها تتم عملية استكمال التقسية (Post curing) وذلك بمعالجة تلك المصبوبات بدرجة حرارة ($50\ ^0C$) ولمدة ثلاث ساعات وذلك لإتمام التفاعلات الكيميائية ولتقليل الاجهادات الداخلية المتكونة أثناء عملية الصب والوقع أن هذه المصبوبات قطعت بأبعاد قياسية تقدر بـ (20×10×10cm) وحسب المواصفات التي تلاءم الماسك (Holder) الذي يثبت العينة في جهاز البلى (Wear)، أما عينات اختبار الانضغاطية فقد قطعت حسب القياسية المواصفات (ASTM) رقم (D695) وكذلك عينات اختبار الصلادة (Shore-D) قد قطعت حسب الواصفات القياسية (ASTM) رقم (D2240).

د- الأجهزة المستخدمة (Instrument)

١. جهاز البلى الالتصاق (Adhesive wear device)

تم استخدام جهاز قياس البلى الالتصاقي ذي ترتيبه المسمار إلى القرص (Pin – on – Disc) العراقي المنشأ

والمصمم طبقاً لمواصفات (ASTM) وكما هو موضح بالشكل (1) حيث يتكون الجهاز من محرك كهربائي يدور بسرعة دوران ثابتة تقدر بـ (510 rpm) وتتم عملية نقل الحركة من المحرك إلى القرص على مرحلتين، المرحلة الأولى يتم فيها نقل الحركة بواساطة البكرة التي تم تثبيتها عليه وحزام ناقل للحركة نوع(V-Belt) إلى العمود الوسطى التي ثبتت عليه بكرتان احدهما لاستلام الحركة ولاخرى لنقلها، أما الثانية فتتضمن نقل الحركة من العمود الوسطي إلى العمود المثبت عليه القرص، ثم يتم نقل الحركة من المحرك إلى القرص الفولاذي كما يحتوي الجهاز على ذراع مقطع مستطيل توضع في نهايته أثقال الموازنة فضلا عن وجود عمود تثبت فيه العينة بواسطة ماسك.

٢. جهاز قياس الكتلة (الميزان الحساس) (Instrument mass measurement)

تم استخدام الميزان الحساس نوع (Satorius) المصنع قبل (W – Germany) والذي يتحسس القراءات إلى أربع مراتب عشرية.

٣. جهاز قياس صلادة العينات .

يتم استخدام جهاز (Durometer hardness) نوع (D – Shore) الفرنسي المنشأ في إجراء اختبار الصلادة باستخدام أداة غرز نقطية وبتغلغل أداة الغرز النقطية داخل سطح المادة تحت حمل معين يؤدي إلى ظهور على شاشة الجهاز رقماً هو مقياس لمقدار الخدش الحاصل لسطح المادة (Surface indentation) وكما هو موضح بالشكل (2).

٤. جهاز قياس الانضغاطية (test instrument Compression)

لحساب مقاومة الانضغاط تم استخدام المكبس الهيدروليكي (Ley Bold Harris No.36110) و ومن خلاله يتم تسليط الحمل بصورة تدريجية حتى يتم حصول الفشل للعينة حيث يمثل أقصى حمل مسلط قيمة مقاومة الانضغاط القصوى لها .

٥. جهاز قياس الخشونة السطح (measurement (Instrument Roughness

أن سطح البلى يتم تحضيره بأجراء عمليات التنعيم باستخدام ورق تنعيم ذو درجة تقدر بـ (120) ثم قيست خشونة سطح للعينات باستخدام جهاز قياس الخشونة نوع (Surtornic (z) Ra وTaylor – Hobson) حيث استخدمت طريقة (µm Ra) وأن هذه الخشونة تشير إلى الطبيعة العشوائية للسطح المنتجة لعملية التجليخ .

٦. جهاز التصوير ألمجهري للعينات Specimens Photomicrography) (Instrument بعد الانتهاء من قياس معدل البلى للمادة المركبة الخاضعة لشروط التشغيل المتمثلة بـ (الحمل المسلط = N 5، t =5 min، r = 7cm، Ra =µ 1.198، صلادة القرص الستيل ذو السرعة العالية = 32 HRC)، تم التصوير ألمجهري لسطح المادة المركبة باستخدام المجهر الضوئي المزود بكاميرا للتصوير.

ر- تحديد متغيرات الاختبار المؤثرة على معدل البلى في هذه الدراسة الحالية:

١. تأثير تغير زمن الانزلاق.
٢. تأثير تغير الحمل المسلط.
٣. تأثير قطر الانزلاق.
٤. تأثير صلادة القرص الذي تنزلق عليه العينة.

س - الظروف المحيطة (conditions Environmental):

لقد تم اختبار البلى ألانزلاقي الجاف للعينات المختبرة تحت ظروف الضغط الجوي الاعتيادي (conditions Normal atmospheric) وفي درجة حرارة الغرفة (Room Temperature) والتي تساوي (20 ∓ 2^0C).

ص- قياس معدل البلى (of wear rate Measurement):

وذلك بأتباع الخطوات الآتية على الترتيب:-

1- تحديد المتغير المراد دراسته وليكن تأثير الحمل المسلط على معدل البلى.
2- تصفير الميزان الحساس ثم وزن العينة قبل التشغيل.
3- تثبيت العينة في المكان المخصص لها مع وضع الحمل العمودي المسلط في المكان المخصص له بحيث يكون عمودياً على العينة .
4- تنظيف القرص الفولاذي قبل التشغيل.
5- تصفير ساعة التوقيت ليتم تشغيل ساعة التوقيت مع جهاز البلى في آن واحد و إيقاف الجهاز بعد مرور فترة زمنية معينة من بدء التشغيل بعد فتح عينة الاختبار من جهاز البلى.
6- تصفير الميزان الحساس ووزن العينة ليتم بعدها حساب حطام البلى (wear debris) باستعمال العلاقة (2)، بالإضافة إلى استخدام المعادلة (6). أما المعادلة (7) فمنها يتم حساب حجم معدل البلى.
7- تكرار هذه الخطوات سابقة الذكر مع متغيرات التشغيل الأخرى التي تم تحديدها مسبقاً مع مراعاة تنظيف القرص قبل البدء بتشغيل الجهاز في كل مرة .

النتائج والمناقشة:

(العوامل المؤثرة في طبيعة البلى (التآكل) لمركب ذي وسط بوليمري)

أ- دراسة أثر المادة المركبة في سلوك البلى.

يتم قياس حطام البلى (Wear debris amount) المتولدة من العلاقة (2)، وكذلك تم قياس كل من معدل البلى (rate Wear) من العلاقة(6) وحجم معدل البلى من العلاقة (7) وبذلك تم الحصول على الأشكال (3)، (4)، (5)، وعلى ضوء نتائج هذا الاختبار تبين أن الوزن المفقود (loss Weight) من الجسم البوليمري (راتنج الايبوكسي) قد

انخفضت قيمته بعد تدعيمه بألياف الزجاج نظراً لما تمتاز به هذه الألياف من خواص جيدة ً، علاوة على أن هذه الألياف تعمل على إعاقة تقدم الشقوق المتولدة (Crack propagation).
ومما تقدم يمكن القول أن انخفاض كمية حطام البلى يؤدي بدوره إلى نقصان معدلات وحجم البلى.

ب- دراسة تأثير متغيرات الاختبار في سلوك البلى.

أظهرت النتائج المختبرية أن معدلات وحجم البلى تعتمد على شدة التحميل (Severity loading) ومدى السرعة الأنزلاقية (Sliding speed) ومسافة الانزلاق (Sliding distance) وصلادة القرص الدوار، والتي ينتج عنها تغيرات تركيبية للجسمين المنزلقين والتي سيتم تسليط الضوء عليها في هذه الدراسة وكمايلي:-

1- (تأثر شدة الحمل ألانضغاطي المسلط في سلوك البلى لمتراكب بوليمري):-

يلاحظ من الأشكال(6)، (7) و(8) أن حطام ومعدلات وحجم البلى في المادة الراتنجية ومركباتها تعتمد على شدة التحميل.
فقد تبين أن زيادة التحميل تقود إلى زيادة معدلات البلى في المادة الراتنجية الغير المدعمة وكما هو موضح بالشكل (7) حيث يعد البلى في هذه المرحلة من التحميل التي تتراوح بين (5-20N) بالبلى الطري أو المعتدل(المتوسط) (Mild wear).
في العادة يحدث الآكل الابتدائي (Initial wear) تحت حمولات واطئة للمادة الراتنجية الغير المدعمة والتي هي قيد الدراسة عندما تنزلق على السطح المعدني من الفولاذ (steel) الذي يضم سطحه العديد من الأخاديد (Ridge) وذلك بحرث وخدش (Scratch) قمم النتؤات (Edges) الموجود في سطح المادة البوليمرية الذي يعد أكثر ليناً مقارنة بالسطح المعدني، لينتج عن عملية الحرث هذه تكون حطام البلى (التآكل) على شكل أجزاء ناعمة متناثرة على سطح القرص الدوار مائلة بنسبة قليلة أخاديده (Ridges) [23][24].
وهذا يعني أن طبيعة تشابك نتؤات الأسطح المتماسة تكون معتدلة، مولدة تآكلاً معتدلاً وتنعيماً للسطوح المتماسة.
بينما أبدت المادة المركبة سلوكاً للبلى مختلفاً عما هو عليه في راتنج الايبوكسي الغير مدعم، فعند تسليط الحمل ألانضغاطي الأولي والذي يتراوح بين (5-10N) يتولد البلى الانتقالي أو التحولي (Transition) ومع الاستمرار بزيادة الحمل المسلط من (10N) إلى (20N) يتولد البلى المعتدل (Mild wear).
وإذا تم التمعن في الشكل (9) الذي يوضح تعرض مادة الايبوكسي الغير مدعمة بالألياف لحمل انضغاطي (20N) أثناء أجراء فحص البلى يتبين حدوث انبعاج (Buckling) وتمزق (Rupture) بسبب تأثير نسبة بويزن [20].

ويمكن تفسير البلى (Wear) في المادة المركبة بالاعتماد على آلية التقشير الجانبية (flaking mechanism Lateral) وكمايلي:-
عند معدلات التحميل الواطئة التي تقدر بـ (5N) تحصل عملية نزع (Removal) كبيرة للنتؤات من نوع الراتنجي المتناثرة على سطح المادة المركبة التي يضم سطحها نوعيين من النتؤات هما (نتؤات راتنجية + نتؤات ليفية) بفعل عملية الحرث (Ploughing) الحاصلة بواسطة أخاديد السطح المعدني الذي تنزلق عليه المادة المركبة وكما هو موضح بالشكل (10)، ومع زيادة الحمل المسلط إلى (10N) يلاحظ أن معدل البلى يقل وقد يعزى هذا الانخفاض إلى عمليات النزع البسيطة لقمم النتؤات أليفية بفعل الحرث(Ploughing) وذلك لما تمتاز به هذه الألياف من مقاومة قص ومتانة عالية.
علاوة على أن في هذه المراحل من التحميل تبدأ الشرخ الابتدائية بالتكوين عند نهايات الليف (Fiber ends) وكذلك السطح البيني الفاصل بين المادة الأساس والليف (Fiber /matrix interface) لأن هذه المواقع (Locations) تعد من أضعف النقاط الموجودة في جسم المركب والذي يعتقد أنها ممتلئة (full) بالفجوات الدقيقة (Microvoid)، يفهم من ذلك أن مواقع نمو الشروخ وتكاثرها تكون في المناطق تحت السطحية (zone – Sub surface) أي بمعنى تحت منطقة تلامس السطحين (Contact region).
ومع استمرار الحركة الانزلاقية وزيادة التحميل ألانضغاطي - القصي (Compressive/sheer load) (من 10N إلى 20N) سوف يزداد البلى وقد يعزى ذلك إلى تلاقي هذه الشروخ المتكونة عند معدلات التحميل الواطئة مع بعضها البعض لتكون في نهاية الأمر الشقوق الكبيرة المستمرة التي تؤدي بالنتيجة إلى انفصال الدقائق المتقشرة (Flake particle) علاوة على أن استمرار زيادة الحمل سوف يؤدي إلى حدوث سحب للألياف (off -Peeled) من المادة الأساس (Matrix) نتيجة لعملية الترقيق (Thinning) والتكسير (Fracture) للألياف وبشكل غير منتظم، وعليه فأن حطام البلى المتكون سيكون عبارة عن دقائق من المادة الأساس (Matrix particles) وألياف مكسرة بأشكال غير منتظمة (irregular shape Broken fiber of) وجديراً بالذكر أن استعمال مواد التدعيم من الألياف القصيرة في المادة المركبة يؤدي إلى توزيع العديد من الشروخ الدقيقة المنفصلة والموجودة في إمكان ضعيفة من الجسم المركب [19].

2- (تأثير زمن الانزلاق في سلوك البلى لمركب بوليمري):-

أوضحت النتائج المتمثلة بالأشكال (11)، (12)، (13)، أن حطام ومعدلات البلى وحجم البلى في المادة الراتنجية ومركباتها تعتمد على زمن الانزلاق.
فقد أبدت المادة الراتنجية الغير المدعمة معدل بلى قدره (14.134×10^{-9}gm/cm) عند زمن انزلاق قدره (5min)

ويكمن السبب في حدوث عملية الحرث الأولي لقمم نتؤات السطح البوليمري المصحوبة بتناثر الأنقاض البوليمرية في أخاديد السطح المعدني مقللة بذلك ميلان هذه الأخاديد التي سرعان ماتملئ بهذه الأنقاض باستمرارية الحرث ومع زيادة زمن الانزلاق مؤدية بذلك إلى زيادة مساحة التلامس الحقيقية (Real contact area) وعليه فأن الإجهاد ألانضغاطي يكون واطئاً عند نقاط التماس مما يقود على حدوث انخفاض في معدلات البلى وهذا ما حدث عند زمن انزلاق قدره (10min)، ومع زيادة زمن الانزلاق إلى (15min) سوف تكون نفايات التآكل المتولدة كبيرة الحجم نسبياً وبذلك يكون الضغط عالٍ عند قمم النتؤات البارزة مؤدية إلى زيادة معدل البلى وباستمرارية الحركة بين سطحين المتلامسين مع مرور الوقت سوف ترتفع درجة حرارة الاحتكاك لتسبب تليين (softening) للتضاريس السطحية وحصول انسياب لدن وهذا يسبب زيادة مساحة التلامس الحقيقة [24] مؤدياً بدوره إلى الانخفاض في قيم معدلات البلى وهذا ما حصل مع استمرار زمن الانزلاق لـ (20min).

أما المادة المركبة فقد أبدت سلوكاً مماثلاً للبلى الانتقالي عند زيادة زمن الانزلاق من (5-10min) نتيجة لعمليات النزع الكبيرة للنتؤات من نوع الراتنجي والليفي وكما هو مذكور سابقاً.

ومع الاستمرار في زيادة زمن الانزلاق سوف يتحول معدل البلى من الانتقالي إلى الطري أو المعتدل.

3- (تأثير صلادة القرص الدوار في السلوك البلى لمركب بوليمري):-

تشير النتائج المتمثلة بالأشكال (14)، (15)، (16)، إلى اعتماد كل من حطام ومعدلات وحجم البلى على صلادة القرص الدوار.

حيث أبدت المادة الراتنجية ومركباتها زيادة في معدلات البلى مع زيادة صلادة السطح المعدني الدوار، نتيجة لزيادة عمليات الحرث والخدش لسطح المادة الراتنجية ومركباتها وبالتالي زيادة عمليات الإزالة وهذا بدورة يؤدي إلى زيادة معدل البلى.

4- (تأثير مسافة الانزلاق في سلوك البلى لمركب بوليمري):-

أظهرت نتائج الاختبار العملية التي أجريت والمتمثلة بالأشكال (17)، (18)، (19) اعتماد كل من حطام البلى ومعدلات وحجم البلى على مسافة الانزلاق وهذا م ما أكده الباحث (Lhymn) وجماعته [19].

فقد أبدت المادة الراتنجية ومركباتها زيادة في معدلات البلى مع زيادة مسافة الانزلاق نتيجة لزيادة قيمة الشغل المنجز من قبل قوة الاحتكاك بسبب زيادة مسافة الانزلاق مما يقود إلى تحول تدريجي إلى طاقة حرارية عاملة على زيادة معدل البلى.

وجديراً بالذكر أن هذه النتائج هي معاكسة لما يحصل في دراسة بلى المعادن حيث أنه بزيادة مسافة الانزلاق يقل معدل البلى ويعزى سبب ذلك إلى أن درجة الحرارة اللحظية المتولدة بسبب انزلاق السطوح المتلامسة واحتكاكها يزداد مع زيادة مسافة الانزلاق (1).

ولكن تسرب الحرارة خلال المعدن عند النتؤات السطحية وعند السرع الانزلاقية العالية هو اقل مما في حالة السرع الانزلاقية الواطئة، ينتج عنه تماس جزيئي بين هذه النتؤات للسطحين المنزلقين، مما يسبب زيادة في القوة اللازمة لقص نقاط الاتصال وهذه الزيادة تكون أعلى مما في حالة ترابط وتماسك ذرات المعدن نفسه إضافة إلى ذلك فأن زيادة سرعة الانزلاق يسبب زيادة في معدل تكوين الطبقة الاوكسيدية على السطح [18].

(الصلادة السطحية (Hardness))

لقد وجد أن قيم الصلادة قد تحسنت بعد تدعيم الراتنج بالألياف وكما هو موضح بالشكل (20) وذلك لما تمتاز به هذه الألياف من جساءة وكما هو مذكور سابقا. حيث أبدت المادة الراتنجية ومركباتها زيادة في معدلات البلى مع زيادة صلادة السطح المعدني الدوار، فعند تماس مادة صلبة على رخوة يجب أن يحصل القص في المادة الرخوة بينما يحصل القص على وجه التماس المشترك، عند تلامس مادة صلبة مع أخر صلبة [4] وكما هو موضح بالشكل (21) واستنادا إلى ذلك سوف تزداد عمليات الحرث (Ploughing) والخدش لسطح المادة الراتنجية ومركباتها وبالتالي زيادة معدل البلى.

(مقاومة الانضغاط (Compression strength))

يوضح المخطط (22) العلاقة بين الإجهاد والانفعال للنماذج المحضرة والخاضعة لفحص مقاومة الانضغاط والذي منه يتبين مايلى:-

1- (Stage1) تدل على أن الإجهاد يتناسب طردياً مع الانفعال الناتج وإذا ما أزيل الإجهاد عادت المادة إلى طولها الأصلي، وتسمى هذه المنطقة من منحنى (الإجهاد – الانفعال) بحد التناسب (Proportional limit) والتي فيها تخضع المادة لقانون هوك (Hooke's law) الذي ينص على الانفعال الحادث بتأثير المسلط يتناسب طردياً مع الإجهاد المحدث له [20].

2- (Stage2) أذا زاد الإجهاد بعد ذلك بدأ الخط المستقيم بالانحناء والذي يمثل نهاية السلوك المرن في المادة البوليمرية ومركباتها.

3- (Stage3) أن المادة البوليمرية ومركباتها تتعرض إلى الانسياب اللدن (plastic flow) في هذه المرحلة حتى نقطة الكسر (Break point) ويسمى الإجهاد عند هذه النقطة بإجهاد الكسر (σ_{frac}).

كما يشير الشكل (23) إلى حقيقة أن المادة الراتنجية المدعمة بالألياف الزجاجية تبدي مقاومة عاليه اتجاه الحمل ألانضغاطي عند مقارنة النتائج مع الراتنج بمفرده ويعود السبب في ذلك إلى الخواص المواد المقواة بالألياف الزجاجية (الغير المحاكة) بهيئة حصيرة.

فإذا كانت جميع الألياف مرصوصة باتجاه قوى الانضغاط فأن الانهيار سيحدث في المادة عند اجهادات أقل بكثير من اجهادات الفشل ألشدي.

فقد تبين أن المواد المركبة ذات الروابط البينية الضعيفة تبدي مقاومة ضعيفة اتجاه الحمل ألانضغاطي ويعزى ذلك إلى حدوث الانفلاق الطولي (Longitudinal splitting) عندما تزيد قوى الشد الجانبية (tensile forces Lateral) المتولدة بسبب تأثير نسبة بويزن (expansion Poisson) على مقاومة الروابط البيئية للشد، أما أذا كانت المواد المركبة ذات روابط بينية قوية فأن مقاومة الشد الجانبية سوف تزداد وفي هذه الحالة تكون المادة الأساس (Matrix) متحملة الجزء الكبير من القوة المسلطة.

يستدل مما سبق شرحه أن مقاومة الانضغاط للمادة المركبة تعتمد على عدة عوامل نورد منها مايلي:-

1- خواص المادة الأساس ومواد التقوية. 2- قوة الروابط البينية. 3- الكسر ألحجمي لمواد التقوية. 4- اتجاهية الألياف [21].

وجديراً بالذكر أن نتائج مضغوطية المادة الراتنجية ومركبها أظهرت سلوك مماثلاً لمقاومة الانضغاط مما يؤكد حالة التناسب بينهما وكما هو موضح بالشكل (24).

الاستنتاجات:-

أن هذه الدراسة أظهرت بأن إضافة ألياف إلى الزجاج إلى راتنج الأيبوكسي يؤدي إلى تحسين بعض الخواص الترايبولوجية ، إذ أمكن خفض معدل البلى لراتنج الايبوكسي.

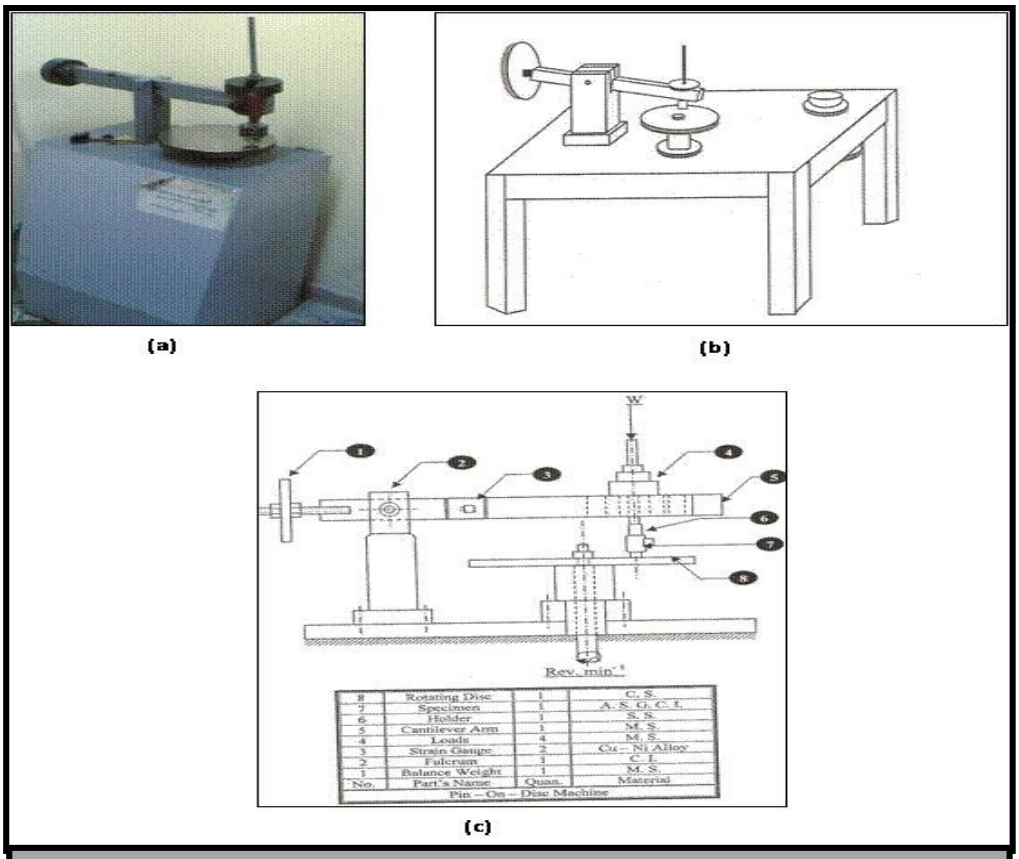
كما لوحظ أن معظم السلوك والخواص التي تتميز بها المادة الراتنجية ومركبه تعتمد على ظروف التشغيل المتمثلة بـ (الحمل المسلط ، زمن الانزلاق، وسرعة الانزلاق، ومسافة الانزلاق وصلادة القرص الدوار) التي ينفذ عندها الاختبار ويضاف إلى ذلك تأثير آخر يتمثل بالفحص وطبيعته الهندسية وكما يلي:-

يقل معدل وحجم البلى مع إضافة الألياف إلى راتنج الايبوكسي ، وأن مقاومة الانضغاط والصلادة السطحية تزداد مع إضافة الألياف للراتنج.

كما تشير النتائج المقارنة أن هناك تغير حاد وسريع في سلوك البلى لراتنج الايبوكسي ومتراكبة بمجرد زيادة كل من الحمل المسلط وزيادة صلادة القرص الدوار وزمن الانزلاق ومسافة الانزلاق.

المصادر

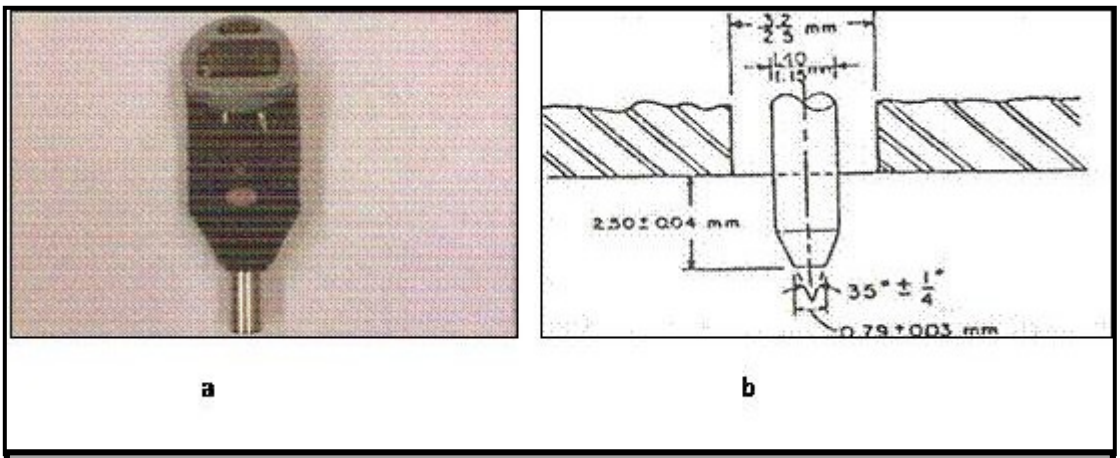
1. منى خضير عباس وفاضل مالك رشيد ،"دراسة البلي الانزلاقي الجاف لبعض سبائك النحاس "، مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، المجلد ٢٤، العدد١(٢٠٠٥)
2. A. Z Szeri, "Tribology Friction, Lubrication and Wear ", Lithocafters Inc. (1980)
3. W. Bolten, "Engineering Material Technology", Butter Worth's, Third Edition", U.K.(998).
4. جون هولنك ، ترجمة د.محمد جواد كاظم التورنجي و د. مهدي سعيد حيدر، "مدخل في علم الترايبولوجيا"، الجامعة التكنولوجيا (1985) قسم الإنتاج والمعادن،
5. R.J. Crawford, "Plastics Engineering". 2nd Edition Pergmon Press, New York, (1987).
6. D. Hull, "An Introduction to Composite Materials", First Published in (1981).
7. V. K. Tewaey, "Mechanics of Fiber composites", Wiley Eastern Limited, New Delh,(1978).
8. د.طارق سهيل نجم، "المواد المتراكبة البلاستيكية"، ندوة الاتجاهات الحديثة في تكنولوجيا البوليمرات، الجامعة المستنصرية كلية العلوم /وحدة أبحاث البوليمرات ، 11 -12 أيار 2002.)
9. - K. J.Bbrown, J. R.AtKinson and D.Dowson, "Journal of Lubrication Technology", Vol.104, January, (1982), PP.(17-23).
10. B. Ralph, A. Bruton, and R. Gaines, IEEE, "Transaction on components, Hybrids and Manufacturing", Vol. 120, No.1, PP.(117-121),(1987).
11. 11- H. W. Chang, "Wear", Vol.85, (1983), PP. (81-91), Elsevier Sequoia/Printed in the Netherlands.
12. Jin Kim, Jae Young Lee and Jang, " Effect Humidity on Friction characteristics of Automotive Friction Materials", KSTLE International Journal , Vol. 2, No.2, PP.(150-158), December (2001).
13. هدى جبار عبد الحسين، " مقاومة البلي لخلائط بوليمرية متصلدة حراريا "، رسالة ماجستير ، قسم العلوم التطبيقية- الجامعة التكنلوجية (٢٠٠٨)
14. T. S. Eyre, "Wear Characteristic of Metals", Tribology International, PP. (203-212), October (1976).
15. R. L. Norton, "Machine Design", Printice – Hall Inc, PP. (478-490) New Jersey, (1998).
16. عبد الله محمد علي محمد ، "دراسة وتوصيف مركبات الجامعة -النحاس- الكرافيت"، قسم العلوم التطبيقية التكنولوجية (2003.)
17. Ernest, Rabinowiex, "Friction and Wear of Materials", John Wiley and Sons, Inc,(1964).
18. عبد الله غريب مشاري، "دراسة بلى النحاس الأصفر تحت ظروف الانزلاق الجاف"، قسم هندسة الإنتاج والمعادن -الجامعة التكنولوجية(1986)
19. C. Lhymn, K. E. Tempelmeyer and P. K. Davis, "Composites", Vol.16, No.2, April, (1985).
20. رولا عبد الخضر عباس ، "دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية لمادة النوفولاك ومتراكباتها"، رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية –قسم العلوم التطبيقية (2001)
21. H. S. Kaufman, "Introduction to Polymer Science and Technology: SPE Text Book", John Wiley and Sons, New York, (1977).
22. J. P. Schaffer, A. Saxena, S. D. Antotovich, T.H. Sanders, Jr. and Steven B. Warner, "The Science and Design of Engineering Material", Richardson D. Irwin Inc., (1995).
23. N. S. EISS and H. Cxichos, " Wear", Vol.111, PP. (347-361), (1986).
24. C.Lipson, "Wear Consideration in Design", Prentic – Hall Inc., (1967).



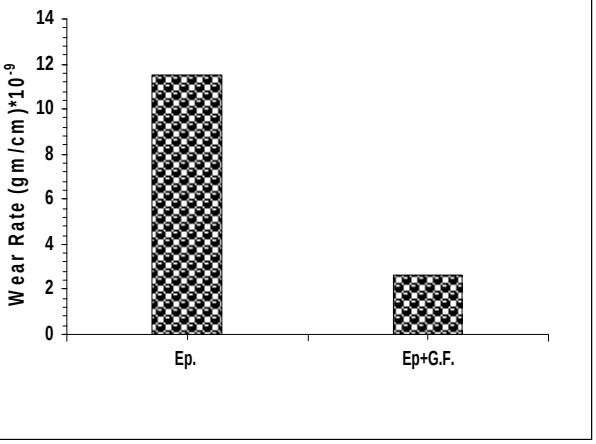
No.	Part's Name	Quan.	Material
8	Rotating Disc	1	C.S.
7	Specimen	1	A.S.G.C.I.
6	Holder	1	S.S.
5	Cantilever Arm	1	M.S.
4	Loads	4	M.S.
3	Strain Gauge	2	Cu – Ni Alloy
2	Fulcrum	1	C.I.
1	Balance Weight	1	M.S.

Pin – On – Disc Machine

الشكل (1): (a) يمثل صورة فوتوغرافية توضح جهاز البلى الالتصاقي.
(b) يمثل رسم تخطيطي لجهاز البلى.
(c) يمثل أجزاء ماكنة اختبار البلى المستخدمة في هذه الدراسة.

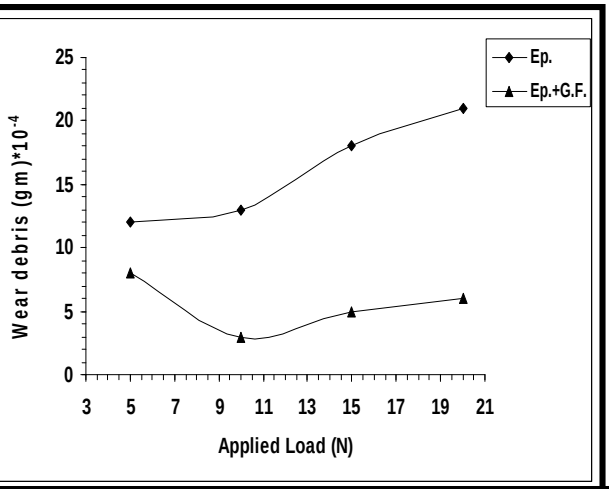


الشكل(2): (a) يبين صورة فوتوغرافية لجهاز (Duromter hardness) نوع (Shore-D).
(b) يبين مخطط تخطيطي لأداة الغرز النقطية المتعلقة بالنوع (Shore-D).



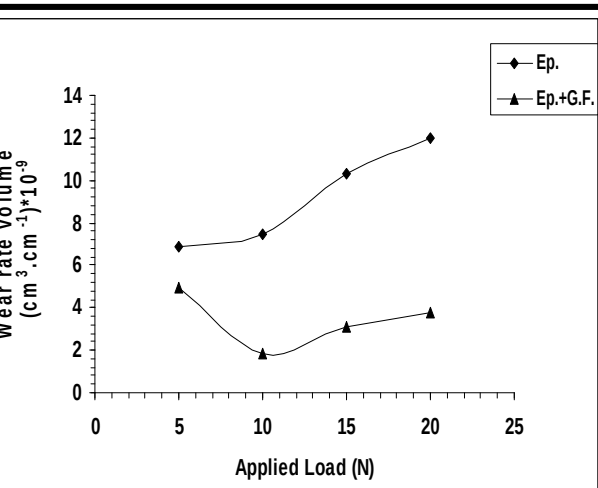
الشكل (3) يوضح تأثير تدعيم راتنج الايبوكسي بألياف الزجاج في كمية حطام البلى عندما (الحمل المسلط =5N، r =7cm، صلادة القرص الدوار =32HRC والزمن=5min).

الشكل (4) يوضح تأثير تدعيم راتنج الايبوكسي بألياف الزجاج في معدل البلى عندما (الحمل المسلط =5N، r =7cm، صلادة القرص الدوار =32HRC والزمن=5min).



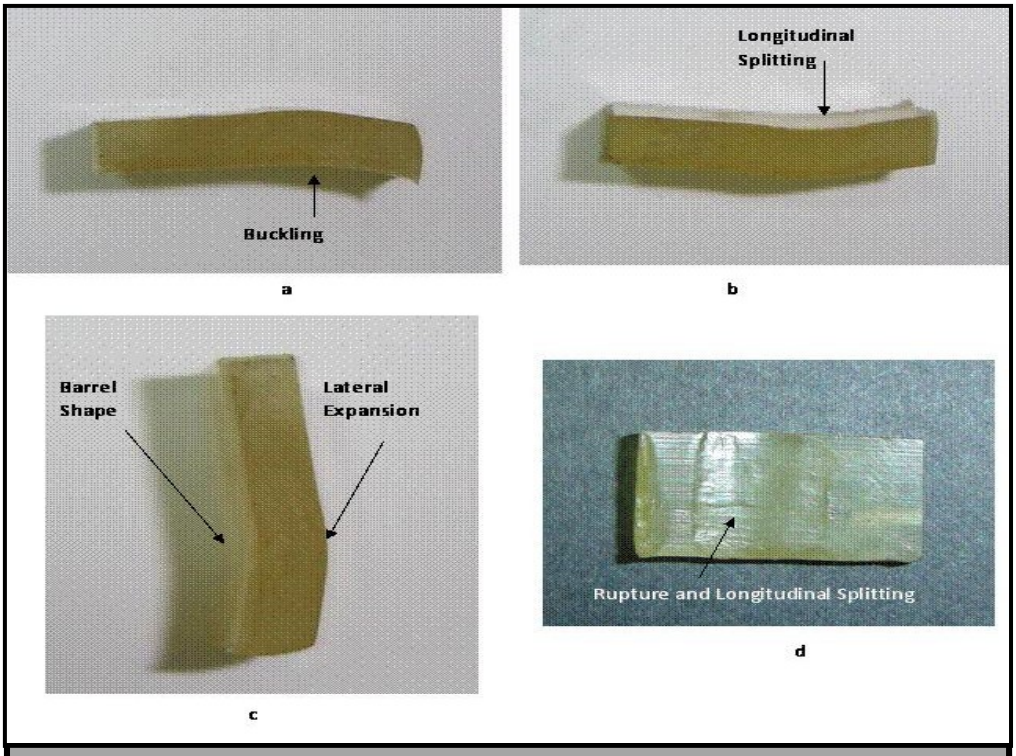
الشكل (5) يوضح تأثير تدعيم راتنج الايبوكسي بألياف الزجاج في حجم البلى البلى عندما (الحمل المسلط =5N، r =7cm، صلادة القرص الدوار =32HRC والزمن=5min).

الشكل (6) يمثل العلاقة بين كمية حطام البلى للنماذج المحضرة والحمل المسلط عندما (r =7cm، صلادة القرص الدوار =32HRC والزمن=5min).

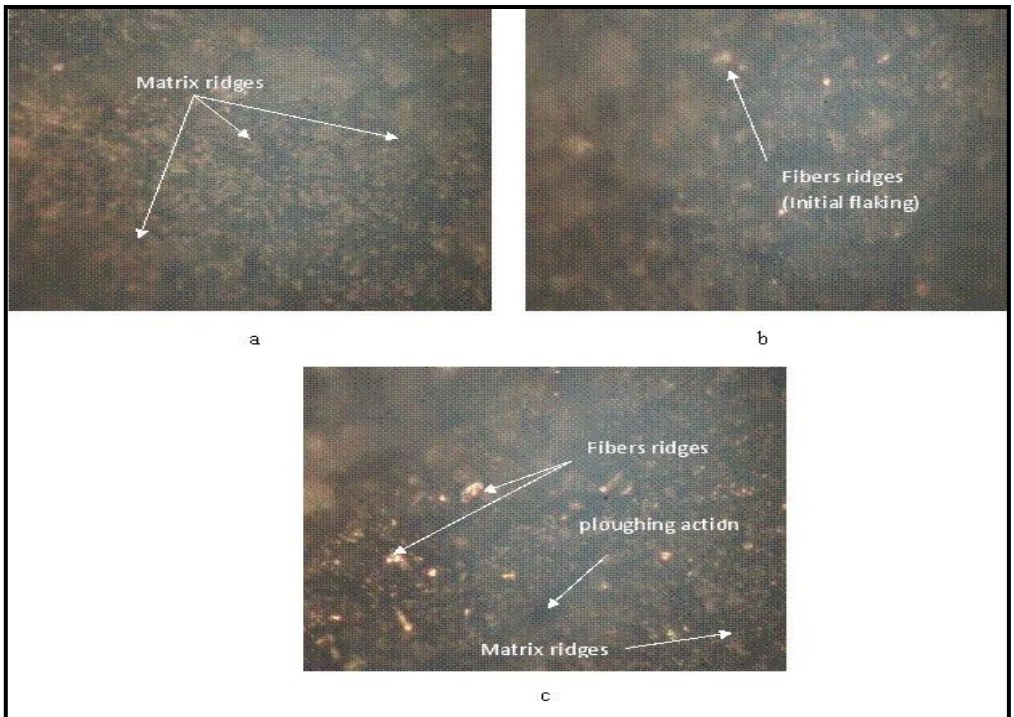


الشكل (7) يمثل العلاقة بين معدل البلى للنماذج المحضرة والحمل المسلط عندما (r =7cm، صلادة القرص الدوار =32HRC والزمن=5min).

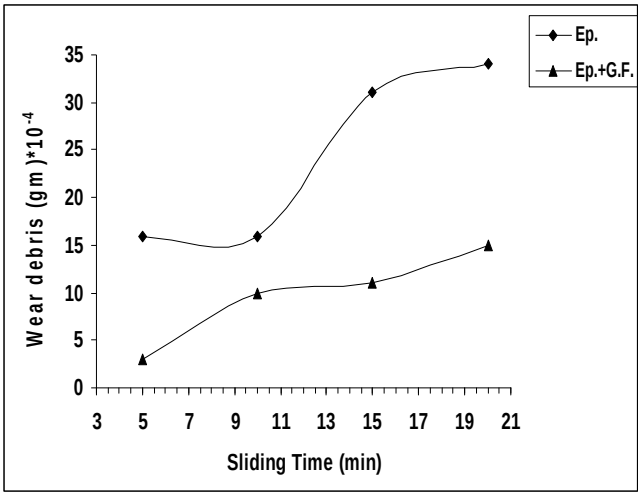
الشكل (8) يمثل العلاقة بين حجم البلى للنماذج المحضرة والحمل المسلط عندما (r =7cm، صلادة القرص الدوار =32HRC والزمن=5min).



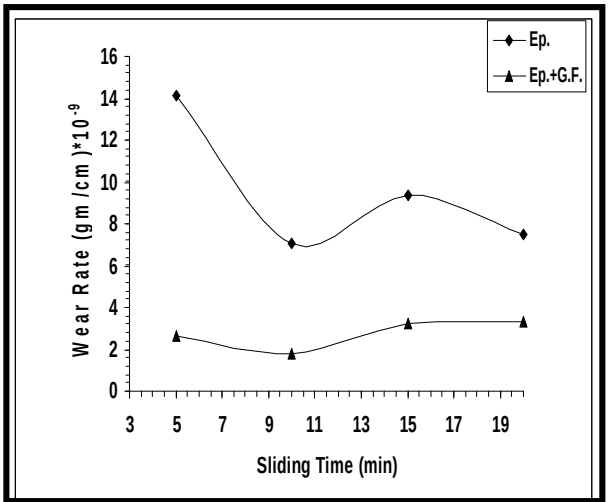
الشكل (9): (a، b، c and d) يوضح صورة فوتوغرافية لعينة من مادة الايبوكسي الغير المدعمة والخاضعة لفحص البلى (wear) تحت شروط التشغيل التالية: (الحمل المسلط =20N، r = 7cm، زمن الانزلاق=5min وصلادة القرص الدوار =32HRC)



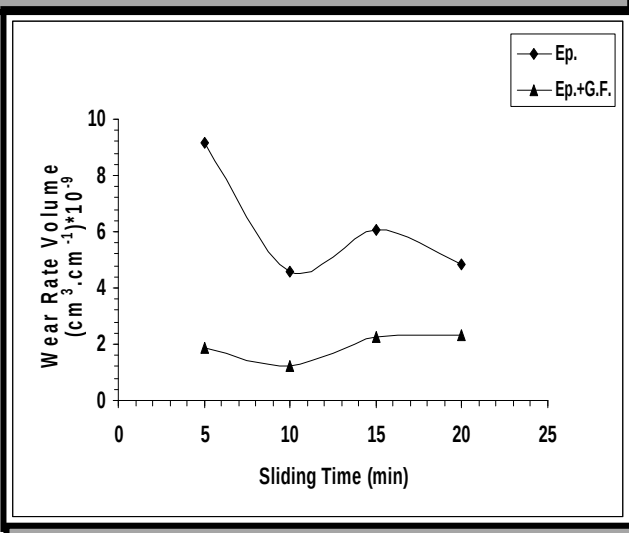
الشكل (10): (a) صورة مجهريه بقوة تكبير (270X) تشير إلى سطح المادة المتراكبة المدعمة بألياف الزجاج قبل الشروع بأجراء اختبار البلى (Wear) عليها.
(b) صورة مجهريه بقوة تكبير (270X) تشير إلى سطح المادة المتراكبة المدعمة بألياف الزجاج بعد الشروع بأجراء اختبار البلى (Wear) عليها تحت ظروف تشغيل ثابتة (الحمل المسلط =5N، r =7cm، صلادة القرص الدوار =32HRC والزمن=5min) حيث يتبين عملية الحرث Ploughing لنتوءات المادة الأساس Matrix.
(c) صورة مجهريه بقوة تكبير (270X) تشير إلى سطح المادة المتراكبة المدعمة بألياف الزجاج بعد حدوث عملية الحرث الابتدائي واستمرارية الحرث وبروز النتوءات الليفية تحت ظروف تشغيل ثابتة (الحمل المسلط =5N، r =7cm، صلادة القرص الدوار =32HRC والزمن=5min)



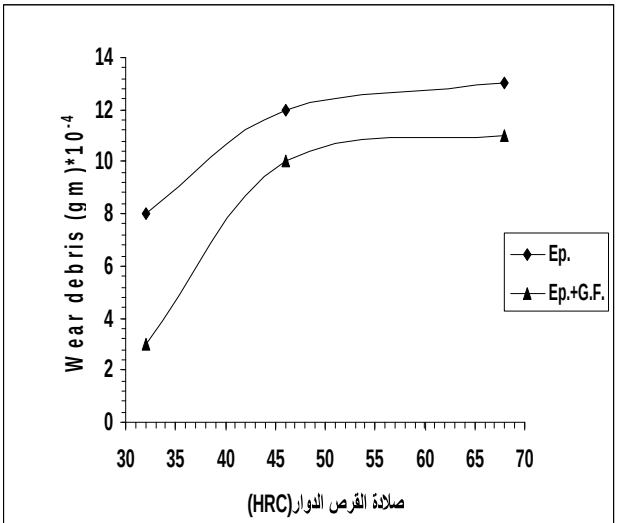
الشكل (11) يمثل العلاقة بين كمية حطام البلى للنمـــاذج المحضـــرة و زمن الانزلاق عندما (r =7cm، صلادة القرص الدوار =32HRC و الحمل المسلط =10N).



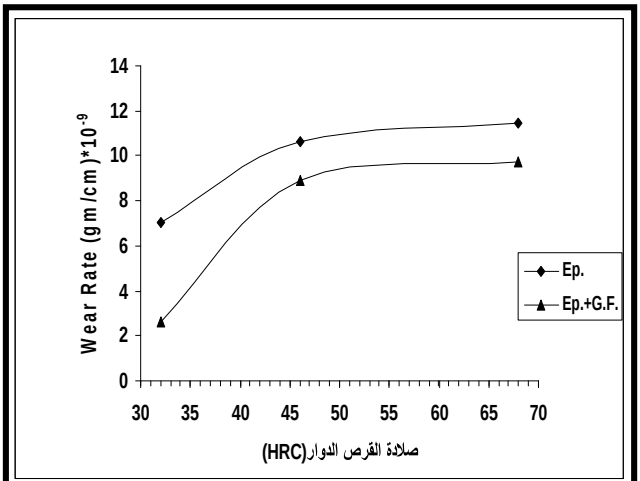
الشكل (12) يمثل العلاقة بين معدل البلى للنماذج المحضـــرة و زمن الانزلاق عنـــدما (r =7cm، صـــلادة القـــرص الـــدوار =32HRC و الحمل المسلط =10N).



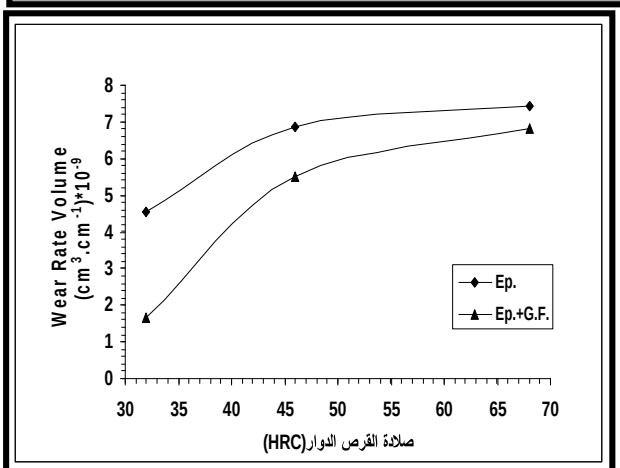
الشكل (13) يمثل العلاقة بين حجم البلى للنماذج المحضرة و زمـــن الانزلاق عندما (r =7cm، صلادة القـــرص الـــدوار =32HRC و



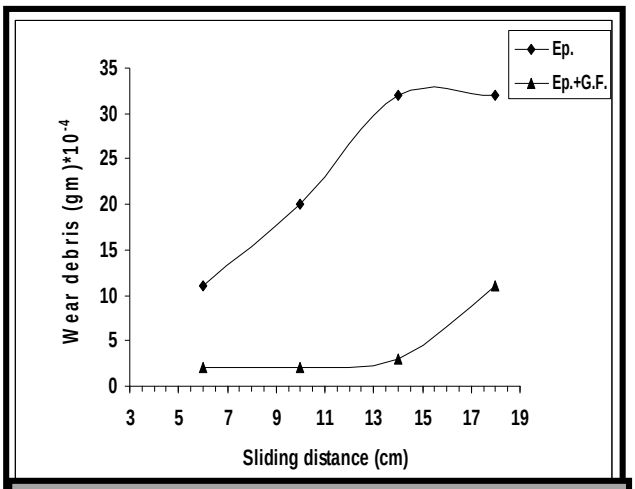
الشكل (14) يمثل العلاقة بين كمية حطام البلى للنماذج المحضرة و صلادة القرص الدوار ا عندما (r =7cm، زمن = 5min و الحمـــل المسلط =10N).



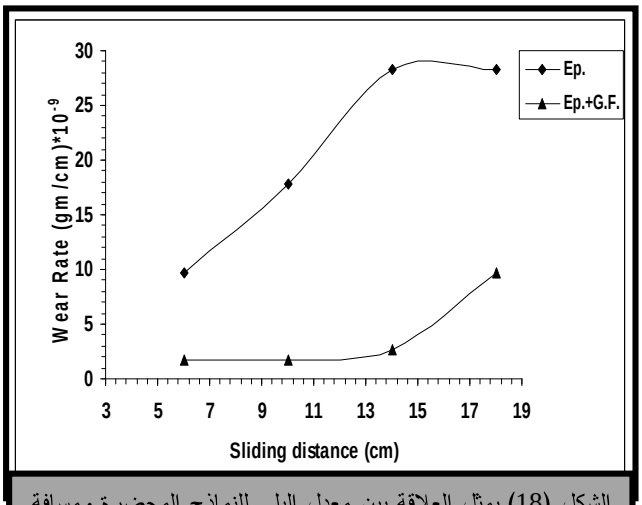
الشكل (15) يمثل العلاقة بين معدل البلـــى للنمـــاذج المحضـــرة و صلادة القرص الدوار ا عندما (r =7cm، زمن = 5min و الحمل



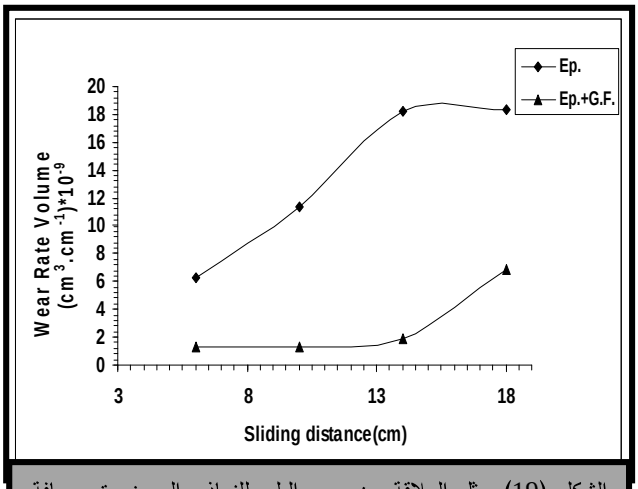
الشكل (16) يمثل العلاقة بين حجم البلى للنمـــاذج المحضـــرة و صلادة القرص الـــدوار ا عنـــدما (r =7cm، زمـــن = 5min و



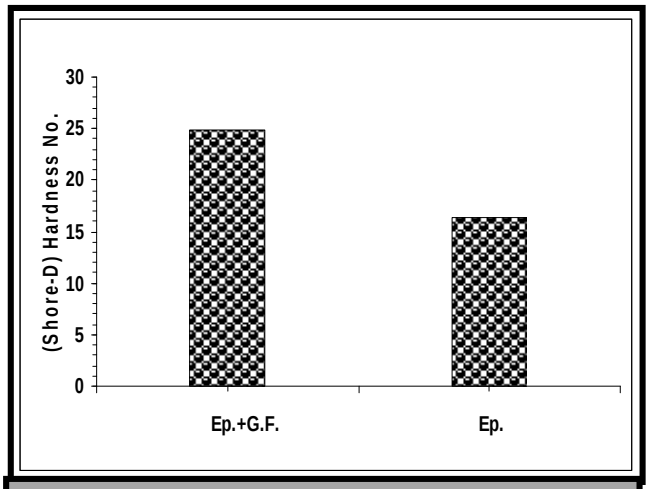
الشكل (17) يمثل العلاقة بين كمية حطام البلى للنماذج المحضـــرة ومسافة الانزلاق عندما (صلادة القرص الدوار=32HRC ، زمـــن = 5min و الحمل المسلط =10N).



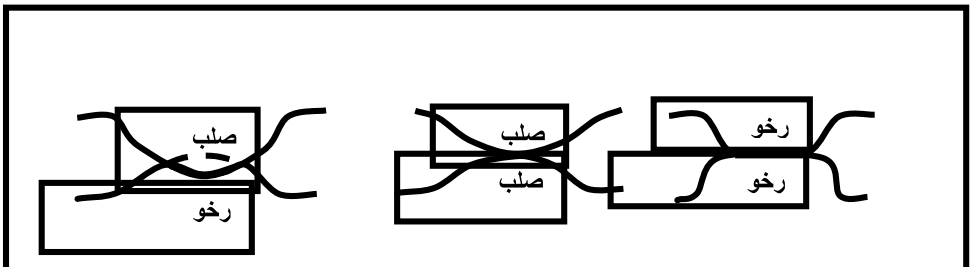
الشكل (18) يمثل العلاقة بين معدل البلى للنماذج المحضرة ومسافة الانزلاق عندما (صلادة القرص الدوار=32HRC ، زمن = 5min و الحمل المسلط =10N).



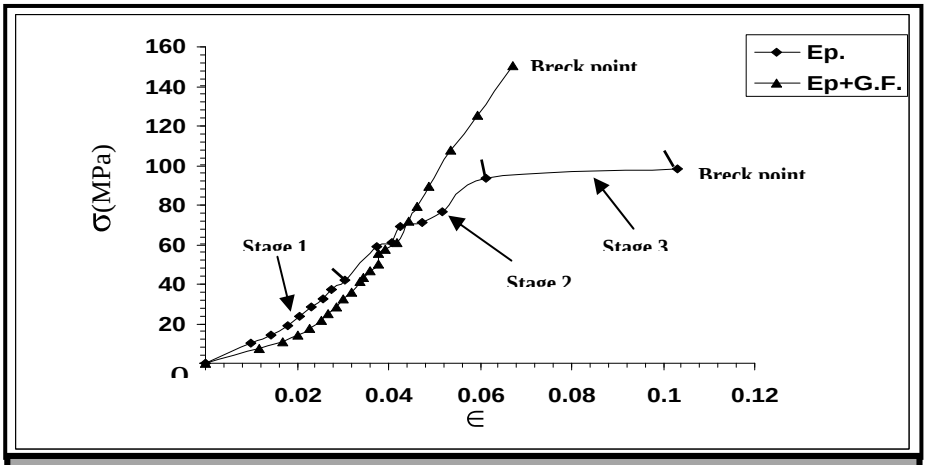
الشكل (19) يمثل العلاقة بين حجم البلى للنماذج المحضرة ومسافة الانزلاق عندما (صلادة القرص الدوار=32HRC ، زمن = 5min و الحمل المسلط =10N).



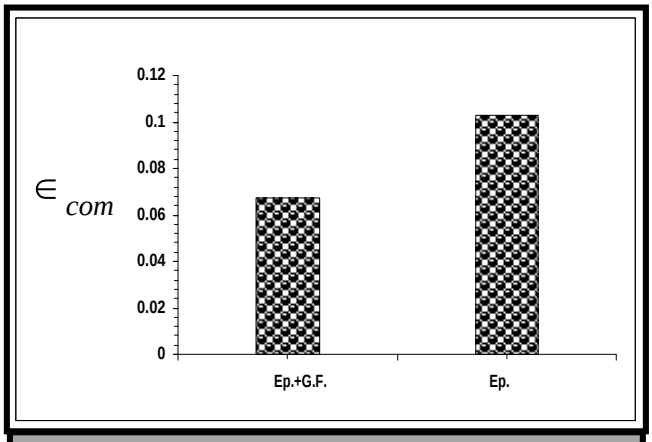
الشكل (20) يبين قيم الصلادة السطحية لنموذج الايبوكسي ومتراكبة.



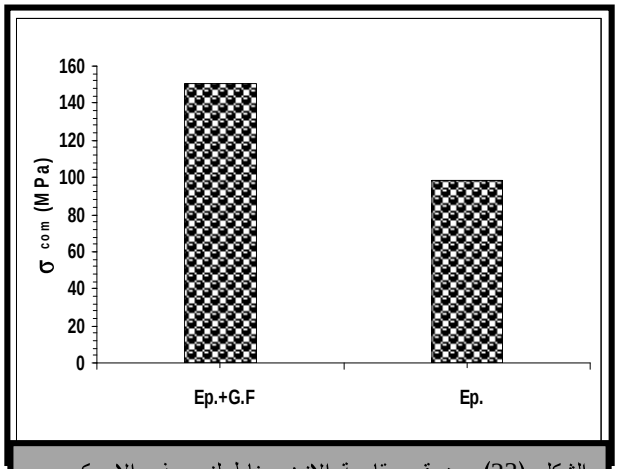
الشكل (21) يبين تراكيب مختلفة النتوءات الصلبة والرخوة.



الشكل (22)يوضح المخطط العام لمنحني (الإجهاد- الانفعال) لراتنج الايبوكسي متراكبة الخاضع لفحص الانضغاطة.



الشكل (24) يبين قيم المضغوطية (Compressibility) لنموذج الايبوكسي ومتراكبة.



الشكل (23) يبين قيم مقاومة الانضغاط لنموذج الايبوكسي ومتراكبة.

Study of Adhesive Wear of Epoxy Reinforced with glass fibers Composite Material

Rula Abdul Khider Abbas
Applied Sciences
/Material Sciences

Muzher Ali Sahib
Electromechanical Engineering
Technology University

Balkees Mohammed Dyaa
Applied Sciences
/Material Sciences

Abstract:

The dry wear, compression resistance and hardness of a material that consists of Epoxy reinforced with (25%) ratio of Glass fiber have been Studied.

A comparison is made between the properties of the composite at temperature (20 ∓ 2^{0}C) with those of un reinforced Epoxy to find out the effect of reinforcement on the composite. Volume fraction for specimen was (25%) and the reinforcement material were continuous fiber oriented in woven raven.

The measurement of wear rate shows a decreases with reinforcement. Compression resistance and Hardness increase with reinforcement.

The results of compaction have clearly shown that wear rate and wear rate volume increasing normal applied load, sliding distance, time sliding and hardness of disc. The results also show that wear rate and wear rate volume for all materials increases with normal applied load and running time. The results also show that wear rate and wear rate volume decrease with increasing the applied with increasing the hardness of disc and sliding distance.

The topography of some physically tested was studied using optical microscopy

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.