مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (4) العدد (11) 2020
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (4) No. (11) 2020

دراسة تأثير إضافة الالمنيوم على بعض خواص راتنجات الايبوكسي

د.م. منتجب الخضري *

(تاريخ الإيداع 18 /10 / 2020 . قُبل للنشر 15 / 12 / 2020)

□ الملخّص □

انجز في هذا البحث دراسة تأثير إضافة مسحوق الالمنيوم (AL) الى راتنج الإيبوكسي بهدف تحسين خواصه والحصول على مادة مركبة جديدة (ايبوكسي/ المنيوم) نستطيع استخداماها في مجالات عديدة وتحقق نتائج جيدة وتدوم أطول فترة ممكنه وقد تمت إضافة الالمنيوم بنسب (5،10،15،20،25) % وقد تم تصنيع قالب لصب القطع بطريقة الضغط واضافة المنيوم اليها ولدى اجراء الاختبارات تبين أنه مع ارتفاع نسبة الإضافة تزداد مقاومة الشد والانضغاط للايبوكسي كذلك قيمة الصلادة.

الكلمات المفتاحية: مواد مركبة، راتنج الايبوكسي، المنيوم

* الحاصل على درجة (الدكتوراه) من قسم الهندسة الكيميائية في كلية الهندسة الكيميائية والبترولية بجامعة البعث.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (4) العدد (11) 2020
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (4) No. (11) 2020

Studying the Effect of Adding Aluminum on some Properties of Epoxy Resins

Dr. Montajb Al-khodary *

(Received 18/ 10 / 2020 . Accepted 15 / 12/ 2020)

□ ABSTRACT □

In this research, the effect of adding aluminum powder to the Epoxy Resins was studied in order to improve its properties and obtain a new composite material (epoxy / aluminum) that we can use in many fields and achieve good results and last for the longest period possible. Aluminum has been added in proportions (5,10,15,20). A mold was manufactured to cast the parts by the method of compression and adding aluminum to it, and upon testing it was found that with the high percentage of addition, the tensile and compression resistance of the epoxy increases, as well as the hardness value.

Key Words: Composite Materials, Epoxy Resin, Aluminum .

* Doctor_Department of Chemical Engineering at the College of Chemical and Petroleum Engineering at Al-Baath University.

1-المقدمة:

يعتمد التطور الصناعي والتكنولوجي بشكل كبير على التقدم في حقل المواد ونتيجة لهذا التطور الصناعي الكبير الذي شهده العالم في كافة المجالات ظهرت الحاجة لإيجاد بدائل للمواد ذات الاستعمالات الصناعية المتعددة بحيث تكون تلك البدائل ذات مواصفات عالية من حيث انخفاض الكلفة وخفة الوزن والخواص بصورة عامة لاعتمادها في الصناعة [1]

1-1المواد المركبة(Composite Materials) :

تعرف المواد المركبة بأنها المادة الناتجة من خلط مادتين أو أكثر وبأسس معينة (النسب الوزنية،طريقة الخلط) للحصول على مواد جديدة بخصائص ميكانيكية وفيزيائية متميزة تختلف عن خصائص المواد المكونة لها علماً ان خواصها تعتمد على خواص مكوناته وتتكون المواد المركبة من المادة الأساس (Matrix) الذي يعمل على ضم وربط مادة التقوية(كالدقائق والالياف) وذلك من اجل تثبيتها والمحافظة عليها من التلف، والمادة الاساس اما تكون معدنية او بوليميرية ومادة التدعيم (Reinforcement Material) والتي يتم استعمالها بأشكال مختلفة فمنها المساحيق و الألياف والقشور و الحبيبات البيضوية أو الكروية على وفق التطبيق المطلوب[1]

1-2راتنج الايبوكسي (Epoxy Resin) :

ينتمي راتنج الإيبوكسي إلى مجموعة الراتنجات المتصلبة بالحرارة حيث تتميز هذه الراتنجات بعدم إمكانية إعادة تشكيلها بالحرارة بعد تحولها إلى مادة صلبة نتيجة لتكون سلاسل (Cross Linking).بوليميرية طويلة متشابكة مع بعضها وهو ما يسمى بالربط التشابكي الذي يحتوي راتنج الإيبوكسي على مجموعتين أو أكثر من مجاميع الإيبوكساید تتألف من ذرة أُوكسجين مرتبطة مع ذرتي كربون ترتبط مجموعة الإيبوكسي كيميائيًا مع (Curing)الجزيئات الأُخرى لتشكيل شبكة ثلاثية الأبعاد ذات ربط تشابكي بعملية المعالجة يتميز راتنج الإيبوكسي بالصلادة والمقاومة الكيميائية العاليتين نسبيًا إضافة إلى ذلك يمتلك هذا الراتنج قابلية التصاق نوعي عالي بسبب التركيب الكيميائي لهذا الراتنج والمتمثل في مجموعة الإيثرات والهيدروكسيل والمجاميع القطبية التي تعطي متانة والتصاق عالية وتكسب المادة صلادة وقوة ، لذلك يستعمل في التطبيقات التي تتطلب إداءًا وظيفيًا عاليًا .تتفاعل هذه الراتنجات مع المصلدات أثناء المعالجة ويكون التفاعل غير مصحوب بانبعاث الماء أو تحرر أي منتجات ثانوية مما يجعل التقلص الحجمي قليل جدًا (أقل من ٢ %)وبالتالي يكتسب الراتنج قوة وخواص ميكانيكية عالية إضافة إلى ذلك تمتلك راتنجات الإيبوكسي المعالجة متانة عالية نتيجة للبعد بين نقاط الربط التشابكي ووجود السلاسل الإليفانية المتكاملة[2]

1- 3دراسات سابقة:

درست بعض الخواص الميكانيكية لمركبEpoxy –MgO– في جامعة بغداد عام 2014 وقد اجري عليها اختبار الانحناء(ثلاثي النقط)واختبار الصلادة الدقيق وقد اظهرت نتائج البحث ان قيم معامل المرونة

[1] MICHAEL, A, F,1990, *Engineering Materials*, 2nd. Cambridge university, England.122

[2] ESRAA, A, M, 2005.*Elctrecal properties of composite (Epoxy –M gO),*Mustanserry University, Iraq, 110

الانحنائيE_B يزداد مع زيادةالنسبة الوزنية للمضاف(اوكسيد المغنيسيوم) الى الايبكوسي كذلك فان الصلادة تزداد بعلاقة لاخطية مع زيادة النسب الوزنية لاوكسيد المغنيسيوم [3]

درست الدكتورة اسراء عبد المنعم عام 2005 في كلية العلوم بالجامعة المستنصرية الخواص الكهربائية لمركب (ايبوكسي /نحاس) واظهرت النتائج ازدياد الموصلية بزيادة تركيز جزيئات النحاس لغرض انجاز قياسات الخواص الميكانيكية التي اجريت في هذه الدراسة لابد من تعريف المفاهيم المعتمدة في القياسات [4].

مقاومة الشد(Tensile Specimens):

تعتبر مقاومة الشد مقياسًا لقابلية المادة على مقاومة القوى الساكنة التي تحاول سحب المادة وكسرها . تتكون المواد المركبة الليفية من ألياف قوية هشة مغمورة في المادة الأساس التي تتصف بكونها أكثر مطيلية . تبدأ المادة المركبة بالإستطالة بشكل خطي في البداية إستجابة للجهد المسلط ومع إستمرار التحميل يحصل إنحراف نتيجة لوصول المادة الأساس إلى نقطة الخضوع في حين تستمر الألياف بالإستطالة و المقاومة حتى تنهار مقاومته. وعندما تتهشم المادة الأساس تفشل المادة المركبة كلياً[5][5]

مقاومة الانضغاط (Compression Specimens) :

تبين هذه المقاومة مدى تحمل المادة عند تعرضها إلى حمل إنضغاط ساكن قبل أن تتكسر ، والقيم العالية تشير إلى كبر قوى التماسك بين جزيئات المادة.

الصلادة:

هي خاصية للمواد تحدد مدى قابلية المادة لتحمل الخدش بالمعادن. تعتمد الصلادة على التركيب الكيميائي للمادة بالإضافة إلى البنية الدقيقة. ونوع القوى الرابطة بين الجزيئات ونوع سطح المادة

اختبار فيكرز للصلادة هو اختبار لقياس صلادة المواد طوّر من قبل روبرت سميث وجورج سانلاند في مختبرات شركة فيكرز المحدودة، وذلك بأسلوب بديل لطريقة اختبار برينل للصلادة.

يتميز أختبار فيكرز لقياس الصلادة بأنه أسهل من غيره من الطرق الأخرى، لأن الحسابات المطلوبة غير متعلقة بقياس حجم رأس الجهاز، ولا حاجة لتغييره بغض النظر عن صلادة المادة المراد قياسها. و يمكن بواسطة هذا الاختبار تحديد صلادة المعادن شديدة الصلادة نظراً لإستخدام الهرم الماسي و تكون الاحمال المؤثرة صغيرة جدا إذا ما قورنت بالأحمال المؤثرة في اختبار برينل للصلادة و يمكن بواسطة هذا الاختبار تحديد صلادة المعادن رقيقة الصلادة (الميكرو هاردس).[6]

وتحسب صلادة فيكرز عن طريق العلاقة التالية:

$$HV=2f\sin 136°/2/D^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

[**3**] KALED, R, R, 2014.*Studying of some mechanical properties of (Epoxy –MgO), Nahreen magazine*, Iraq,
[**4**] ESRAA, A, M, 2005.*Elctrecal properties of composite (Epoxy –M gO)*,Mustanserry University, Iraq, 110
[**5**] Ali, I, M, (2009). *Study of Some Mechanical Properties for Polymeric Composite Material Reinforced by Fibers. Journal of Al-Qadisiya for Engineering Sciences, Iraq*, Vol 2, No 1, pp.14 – 24

[6] Tomasz,A, G,2017, *The Effect of Particulate Fillers on Hardness of Polymer Composite*. Technical University of Kosice, Slovak

معدل طول القطرين:D

فيكرز صلادة :HV

مقدار الحمل: f

2-أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث الى دراسة تأثير الالمنيوم (AL)على بعض خواص راتنج الايبوكسي وتكمن أهمية ذللك من خلال الحصول على مادة مركبة من راتنج الايبوكسي والالمنيوم ذات خواص جيدة تحسن وتزيد من استعمال الايبوكسي في مجالات مختلفة(ريش التوربينات الهوائية، القوارب المائية ، رخام للأرضيات، بعض قطع الطائرات)

3-طرق ومواد البحث:

المادة الاساس:

استخدم في هذا البحث استخدام ا رتنج الايبوكسي نوع (Quick mast 105)كمادة اساس في تحضير المواد المركبة البوليمرية وهو من شركة (Fosroc) وهو في الحالة السائلة و يمكن بلمرته وتحويله للحالة الصلبة وذلك بإضافة المصلد (Hardener) ميتا-كزيلين ثنائي الأمين(C6H4 (CH3) حيث يمتاز المصلد بكونه سائل خفيف ذو لزوجة وكثافة منخفضتين ويضاف الى الراتنج بنسبة (3:1) ويصار الى خلطها يدوياً.

مادة التدعيم الالمنيوم(AL):

فلز ابيض فضي من مجموعة البورون من العناصر الكيميائية وهو معدن قابل للسحب تم سحق الالمنيوم الى اجزاء صغيرة ثم تمت غربلته الى دقاق مساوية او اقل من m□□□□□

الجدول (1) مواصفات الالمنيوم المضاف

الصيغة الجزيئية	الكثافة G/CM^3	الكتلة الذرية G/MOL	نقطة الانصهار C°	حرارة التبخر K.JOL/MOL
AL	2.70	26.981	660	294

الشكل (1) الالمنيوم المستخدم في البحث

تحضير العينات:

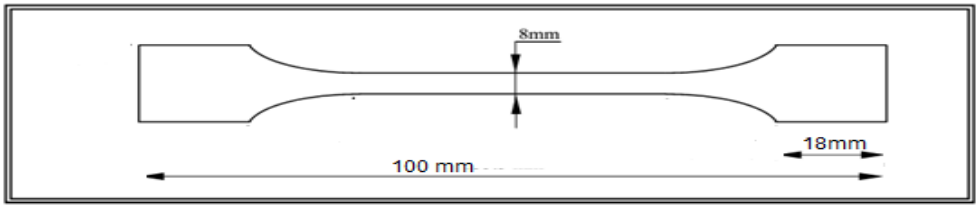
تم اعتماد طريقة القولبة اليدوية في عملية تحضير العينات تم تصنيع قالب ذو قاعدة وجوانب من الزجاج الشفاف ذو سماكةmm 4 ، وتكون الجوانب متحركة ومرتبطة بالقاعدة بواسطة السليكون المطاطي

ليكون سهل الحركة .وهذه الجوانب تكون متغيرة وفق أبعاد العينة المراد تصنيعها .حيث يكون القالب المستخدم بشكل صندوق مستطيل وتكون أبعاده (الطول110 mm ، العرض 15 mm ، ارتفاع 4 mm) وتم خلط المزيج لمدة (8–10) دقائق وبعدها تصب في القالب المهيء .تترك النماذج لمدة 24 ساعة بعد اجراء العمليات السابقة يتم الحصول على نماذج المواد المركبة بهيئة الواح ذات سمك 2.5mm بعدها يتم اجراء عملية التقطيع لغرض تهيئة النماذج حسب المواصفات القياسية حيث تم تقطيع العينات باستعمال منشار شريطي ذي أسنان ناعمة، أما مرحلة ضبط الأبعاد فيتم باستعمال جهاز التنعيم وبعدها تتم عملية الصقل بأوراق تنعيم بدرجة صفر، وقد تم تحضير عينتان لكل من النسب لتقليل نسبة الخطأ والحصول على نتائج اكثر دقة.

الشكل (2) قطعة من المنتج النهائي

اختبار مقاومة الشد:

تم اعتماد المواصفة (ASTM–D–638) في تصنيع نماذج اختبار مقاومة الشد حيث كانت السرعة الراسية 5 mm/min



الشكل (2) ابعاد عينة اختبار الشد

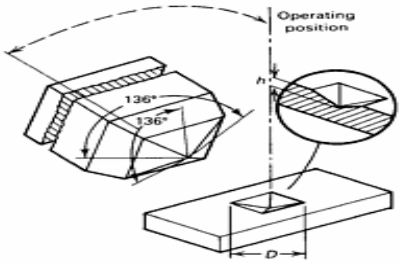
اختبار مقاومة الانضغاط:

تم اعتماد المواصفة (ASTM–D–618) في تصنيع نماذج اختبار مقاومة الانضغاط وهي بشكل موشور رباعي

اختبار الصلادة:

تم اجراء اختبار الصلادة الميكروية بجهاز نوع فيكرز (Vickers micro hardness)المصنع من قِبل شركة (**Time Group Inc.**)موديل (**TH714**) والذي يتكون من اداة الخدش والتي هي عبارة عن راس مجهري مدبب بشكل هرم ماسي مربع القاعدة تتقاطع مستوياته عند القمة بزا ويه 136°كما في الشكل (3) حيث يتم تثبيت العينة تحت هذه الاداة لذلك تم تقطيع العينات بطول (40mm) وبعرض (20mm) وبسمك(3mm) هذا ما يتلائم مع

ابعاد الجهاز حيث سلط حمل بمقدار (25kg) وبزمن .5sec يتم حساب رقم فيكرز للصلادة عن طريق قياس اطوال القطرين (d1*d2) ومعدل القيمة لهما (D) ومن ثم تطبيق العلاقة (1)[7] .



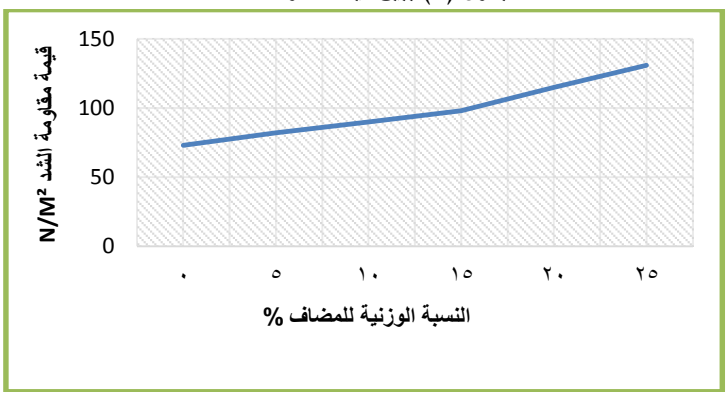
الشكل (3) رسم بياني لاختبار الصلادة

4-المناقشة:

اختبار مقاومة الشد:

النسبة الوزنية للألمنيوم	قيمة مقاومة الشد N/M²
0	73
5	82
10	90
15	98
20	115
25	131

جدول (2) يبين قيمة مقاومة الشد



[7] Elif ,A,2018, *Investigation of mechanical behavior of wood polymer nanocomposites (WPNs) samples using static vickers microhardness tester.* Kastamonu Univ, Journal of Forestry Faculty,Vol 18,No.1.62-74

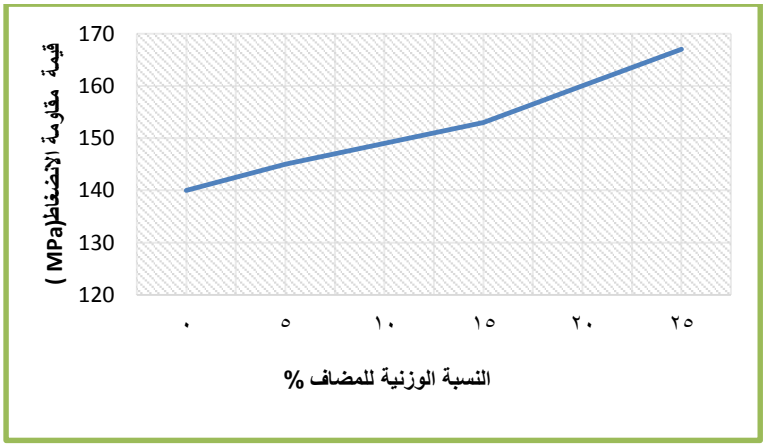
الشكل (4) يبين قيمة مقاومة الشد بالنسبة للألمنيوم المضاف

نلاحظ انه مع إضافة الالمنيوم تزداد مقاومة الشد حيث عند النسبة الوزنية 5% من الالمنيوم المضاف كانت مقاومة الشد $82(N/M^2)$ بينما عند النسبة الوزنية 25% كانت مقومة الشد 131 (N/M^2) حيث إنه عند إضافة الألمنيوم إلى هذه المواد تتحسن مقاومتها للشد بصورة كبيرة حيث إن الجزء الأعظم من الجهد المسلط يتحمله الألمنيوم مما يرفع مقاومة الشد للمادة المركبة وتزداد مقاومة الشد بزيادة نسبة الألمنيوم المضاف حيث يشغِل الألمنيوم حيز أكبر داخل الراتنج مما يسمح بتوزيع الحِمل المسلط عليها بشكل أفضل

اختبار مقاومة الانضغاط:

جدول (3) يبين قيمة مقاومة الانضغاط

النسبة الوزنية للالمنيوم	قيمة مقاومة لانضغاط MPa
0	140
5	145
10	149
15	153
20	160
25	167



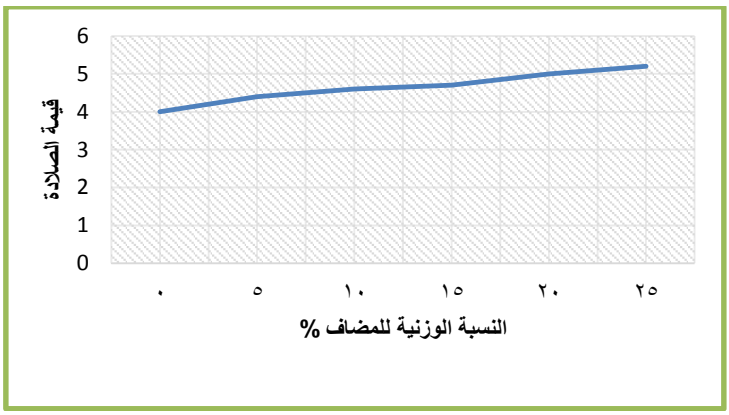
الشكل (5) يبين قيمة مقاومة الانضغاط بالنسبة للألمنيوم المضاف

مقاومة الانضغاط ترتفع بشكل حاد عند إضافة الألمنيوم نظرًا لتوزيع الحِمل على المادة المضافة وكذلك كفاءة الربط بين المادة الأساس ومادة التقوية مما ويرفع قيم مقاومة الانضغاط .وتزداد مقاومة المادة المركبة للانضغاط مع زيادة نسبة الالمنيوم المضافة لنفس السبب

اختبار الصلادة:

جدول (4) يبين قيمة الصلادة

النسبة الوزنية للألمنيوم	قيمة الصلادة kg/mm^2
0	4
5	4.4
10	4.6
15	4.7
20	5
25	5.2



الشكل (6) يبين قيمة الصلادة بالنسبة للألمنيوم المضاف

يتضح بأن قيم الصلادة لمادة الايبوكسي تزداد بإضافة مسحوق الالمنيوم وتستمر الصلادة بالزيادة مع زيادة الكسر الوزني، إن مسحوق الالمنيوم يمتلك خواص موحدة متماثلة في جميع الاتجاهات، وهذه بحد ذاتها يمكن إن تكون لها فائدة كبيرة في بعض التطبيقات التي تتطلب خواص متماثلة إذ تعمل الدقائق على زيادة مقاومة المادة للتشوه بالاعتماد على كيفية توزيع الدقائق داخل المادة الأساس فضلا عن مشاركتها في تحمل الاجهادات المسلطة على المادة المتراكبة سويًا مع المادة الأساس وذلك لأن اثناء عملية التصنيع فان الدقائق الصغيرة تكون سهلة في عملية التغلغل الى داخل المادة الاساس والى داخل الفراغات البينية و المسامات البينية التي تتكون اثناء عملية تحضير المتراكب، والذي يؤدي بدوره الى زيادة مساحة التماس ما بين مكونات المادة المتراكبة المحضرة ومن ثم زيادة الترابط فيما بينها وبشكل متكامل مما يعطي قيم اكثر ايجابية عند فحص الصلادة، ومن مفهوم الصلادة يمكن اعتبارها مقياساً للتشوه اللدن الذي يمكن أن يحدث في المادة تحت تأثير خارجي ولذا فان اضافة الدقائق يزيد من صلادة المادة نتيجة لزيادة مقاومتها للتشوه اللدن .

الاستنتاجات والتوصيات:

ان إضافة مسحوق الالمنيوم للايبوكسي يحسن من مقاومة الشد ومقاومته للانضغاط كذلك يرفع قيمة الصلادة ويعود ذلك لتوزع الاجهادات على المادة المضافة إضافة الى إلى الروابط الناشئة (روابط فيزيائية) بين الالمنيوم والايبوكسي والتي ترفع من مقاومته للشد

التوصيات:

اجراء اختبارات أخرى كمقاومة الثني وزمن الاحتراق

تجريب مواد أخرى كمضافات (الصوف، القطن، أوكسيد النحاس)

اجراء التصوير المجهري للمادة المركبة الناتجة لتبيان توضع المادة المضاف ومدى تأثيرها على الخواص

المراجع:

[1] MICHAEL, A, F,1990, *Engineering Materials*, 2nd. Cambridge university, England.122

[2] SHAKI, L, U,2006. *Environmental Impacts of Fiber Composite*, Material Master in Environmental Statuses Research in Royal Institute of Technology, Canada, 146

[3] KALED, R, R, 2014.*Studying of some mechanical properties of (Epoxy –MgO), Nahreen magazine*, Iraq, Vol 17, No .1,1-14

[4] ESRAA, A, M, 2005.*Elctrecal properties of composite (Epoxy –M gO),*Mustanserry University, Iraq, 110

[5] Ali, I, M, 2009. *Study of Some Mechanical Properties for Polymeric Composite Material Reinforced by Fibers. Journal of Al-Qadisiya for Engineering Sciences, Iraq,* Vol 2, No 1, pp.14 – 24

[6] Tomasz,A, G,2017**,** *The Effect of Particulate Fillers on Hardness of Polymer Composite***.** Technical University of Kosice, Slovak

[7] Elif ,A,2018, *Investigation of mechanical behavior of wood polymer nanocomposites (WPNs) samples using static vickers microhardness tester.* Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty,Vol 18,No.1.62-74