مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (23) العدد (10) 2001
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research-Engineering Science Series Vol (23) No (10) 2001

دراسة الخواص الفيزيائية للأخشاب

الدكتور رامي منصور*

(قبل للنشر في 2000/5/25)

الملخّص

يهدف هذا البحث إلى الحصول على طيف واسع من المنحنيات لبعض الخواص الفيزيائية؛مثل الكثافة، وامتصاصية الماء، وتحديد الانكماش والانتفاخ الحجميين، ونسبة الفراغات الخلوية والجدران الخلوية لبعض الأخشاب الطبيعية ولخشب MDF *الصناعي المستورد . بينت نتائج الاختبار أن جميع الأنواع المدروسة تصل إلى كثافة ثابتة بعد مرور* 24 *ساعة على عملية التجفيف ، وأن الكثافة تتزايد بشكل مستمر باستمرار زمن الغمر بالماء، حتى بعد مرور* 10 *أيام على زمن الغمر ، كما دلت النتائج أن كثافة الخشب الصناعي مساوية تقريباً لكثافة خشب السنديان المدروس . تظهر المنحنيات الواصفة لتغير المحتوى النسبي للماء بدلالة زمن الغمر بالماء، أن جميع أنواع الخشب المدروسة لاتصل إلى حالة الاستقرار بالكتلة ، في حين يلاحظ حدوث استقرار بالحجم بعد مرور* 24 *ساعة على عملية الغمر بالماء .*

*مدرس في قسم التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين– اللاذقية –سورية

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (23) العدد (10)2001
Tishreen University Journal for Studies Research-Engineering Science Series Vol (23) No (10) 2001

A Study of The Physical Properties of Timber

Dr. Rami Mansour*

(Accepted 25/5/2000)

ABSTRACT

This study aims to acquire a wide range of curves for some physical properties like density, water absorption besides definition of volumetric extraction and expansion, the ratio of cellular gaps and walls in some natural timber types and industrial imported MDF timber Experiment results manifested that all studied types of timber reach a constant density in 24 hours following the drying process, and density increases constantly based in flooding time even after 10 days of flooding . Besides, the results have shown that the density of industrial timber is approximately equal to the density of studied Oak wood.
The curves describing variation in relative water content based on water flooding time show that all types of studied timber do not reach the state of mass stability ,while we see volumetric stability in 24 hours following water flooding process .

*** Lecture at Department of Design and Production, Faculaty of Mechanical and Electrical Engineering Tishreen University,Lattakia, Syria**

مقدّمة:

استخدم الخشب كمادة إنشائية منذ فجر التاريخ . ويستخدم اليوم في بعض الإنشاءات البسيطة أوالمؤقتة ، وفي الدعامات الثانوية والمساعدة، لكونه قليل الكلفة بالنسبة للفولاذ والبيتون والآجر والحجر . فهو من المواد الخفيفة التي يسهل نقلها ونشرها وإعطاؤها الشكل المطلوب .كما يستخدم الخشب أيضا"وبكثرة في أعمال الديكور ، وفي صناعة الآثاث والمفروشات المنزلية ، إضافة إلى استخدامات عديدة ومتنوعة[1,2].

من المعلوم أن الأخشاب مركبات عضوية يدخل بتركيبها الكربون والهيدروجين والأوكسجين ، ومركبها الكيميائي ثابت تقريبا" في كل الأنواع . يحتوي الخشب المجفف بشكل مطلق وسطيا" على % (50-45) كربون، وحوالي % 6 هيدروجين، و % (44 – 43) أوكسجين، وكمية قليلة من الآزوت والرماد . والخشب ذو طبيعة معقدة من حيث البنية ، والتركيب الكيميائي . ويتألف بشكل عام من بنية ليفية خلوية مكونة بشكل رئيسي من السللوز (Cellulos) ، وبنية شبكية مكونة أساسا" من الليغنين . استنادا" إلى هذا التقسيم نجد أن الخشب مكون من مادتين بوليميريتين طبيعيتين . تحدد بنية السللوز فيه استنادا" إلى التوضع المتبادل لسلاسل الجزيئات العملاقة ، التي تتوافر فيها روابط قد تكون مختلفة من حيث الخواص (هيدروجينية – قوى فاندرفالز .....الخ) [3,4]

ترتبط خواص الأخشاب بشكل كبير بخواص الأشجار التي استمدت منها . فنوع الشجرة ، وموقعها الجغرافي وعمرها ، وظروف النمو ، وسماكة الحلقات السنوية ، ووجود العقد (Knots) والعيوب (Defect) ، كلها مجتمعة عوامل تؤثر في الخواص الفيزيائية – الميكانيكية للخشب [5] .

تحتل الخواص الفيزيائية للأخشاب أهمية كبيرة في الحياة الصناعية ، فهي المعيار الحقيقي الذي يمكن من خلاله التعرف على الأخشاب ، فضلاً عن أهميتها الأساسية في تحديد استعمالها وتصنيفها وتسويقها . ، وهذه الخواص تمدنا بطيف واسع من المعلومات؛ مثل اللون (Color)، والرائحة (Odor) ، ومحتوى الماء، والرطوبة، والكثافة والتقلص، والتمدد، والسعة، والناقلية الحرارية، والناقلية الكهربائية، وناقلية الصوت ..الخ [6] .

إن كل هذه الخواص مجتمعة ، بالإضافة للخواص الميكانيكية ، ترتبط ارتباطاً وثيقا" بكثافة الخشب ، التي تعبر بشكل رئيسي عن تراص البنية الداخلية وعن مساميتها [7] ، والتي تعتبر المعيار الأساسي في تصنيف الأخشاب . فمن حيث المبدأ ،فإن مفهوم الكثافة في الخشب ينطبق على مفهوم الكثافة في المواد الأخرى . يبقى فقط أن ننوه إلى وجود اختلاف بين مفهومي كثافة الخشب كمادة ، وكثافة المادة الخشبية التي تتكون منها الجدران الخلوية ، والتي هي بالواقع لا تعتمد على نوع الخشب ، إذ لها قيمة وسطية ثابتة حوالي $1540\ kg/m^3$. واستنادا" لما ذكر سابقا"، من أن جدار الخلية يتكون بشكل رئيسي من مادتي السللوز والليغنين ، فإن الأبحاث تبين أن هاتين المادتين مختلفتان بالكثافة فالسللوز النقي له كثافة بالحالة الجافة المطلقة $1580\ Kg/m^3$ ، أما الليغنين فتتراوح كثافته بين $1380\ Kg/m^3$ و $1580\ Kg/m^3$ ، في حين تبلغ القيمة العظمى لكثافة الخشب $1200\ Kg/m^3$. من هنا اصبح واضحا" ضرورة التمييز بين كثافة الخشب، وكثافة المادة الخشبية [8] .

استناداً إلى مفهوم الكثافة، فإن الأخشاب تقسم إلى المجموعات الرئيسية التالية :

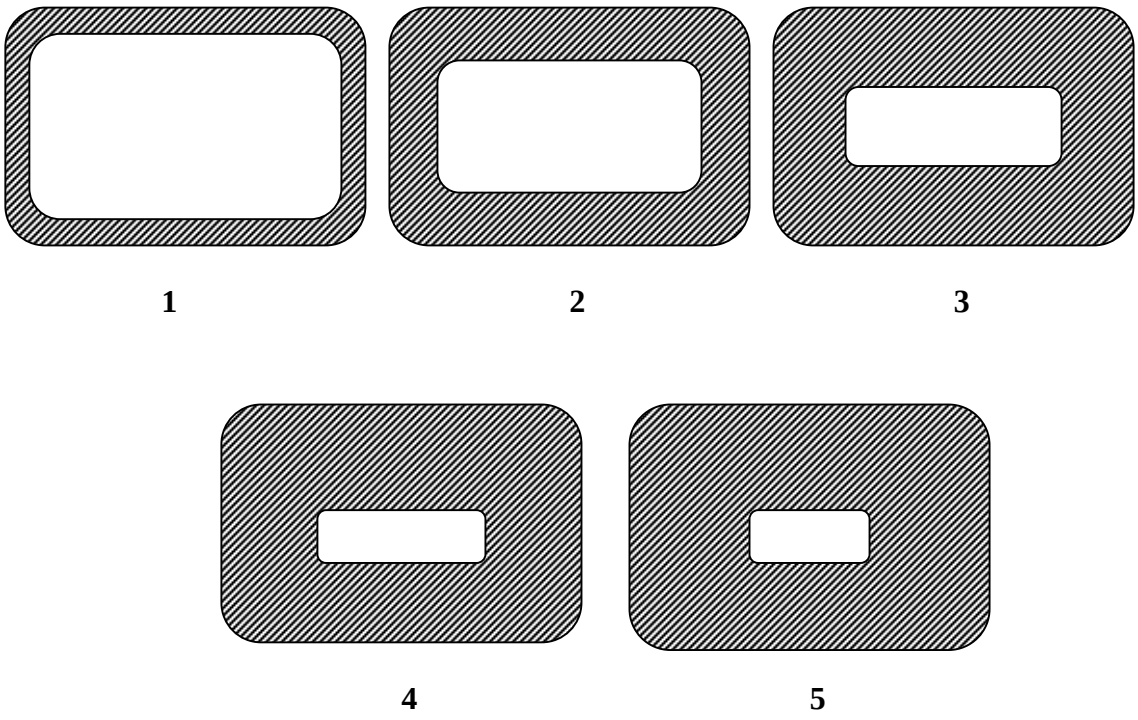
1 – أخشاب خفيفة الوزن، وتكون فيها الكثافة ρ أصغر من $550\ Kg/m^3$

2 – أخشاب متوسطة الوزن، وكثافتها تقع ضمن المجال $560 - 700\ Kg/m^3$

3 – أخشاب ثقيلة الوزن، وهي ذات كثافة أكبر من $710 Kg/m^3$.

بالواقع أنه استنادا" لكثافة الخشب بالحالة الجافة المطلقة، يمكننا حساب حجم كل من الجدران والفراغات الخلوية (Celluler gaps and walls) .كما هو معلوم، كي تتمكن الشجرة من تحقيق الوظائف الفيزيولوجية للنمو ، فإن الخشب ينبغي أن يكون مسامياً . بالواقع إن أقل نسبة للفراغات توجد عادة بالأخشاب الثقيلة، التي تشكل حجم الفراغات الخلوية فيها 20% من الحجم الإجمالي ، أما حجم الجدران الخلوية % 80 .وذلك عندما تكون الكثافة $1200\ Kg/m^3$. إن

هذه القيمة تعبر بالواقع عن الكثافة الحدية العظمى للخشب ، لأنه ولأسباب فيزيولوجية عندما تتجاوز الكثافة هذه القيمة، فإن الشجرة تصبح بوضع لايمكن عنده أن تتزود بالماء والغذاء . فيما يتعلق بالأشجار السريعة النمو، والتي تتميز عادة بقيم منخفضة للكثافة ، فإن أصغر قيمة لهذه الكثافة هي $1\,50\ kg/m^3$ ، وهذا يعني أن حجم الفراغات الخلوية يمثل 90 % من الحجم الإجمالي ، في حين يمثل حجم الجدران الخلوية 10 % . من الطريف هنا أن نذكر أنه عندما تكون الكثافة أدنى من هذه القيمة الحدية الدنيا ، فإن الشجرة تصبح في وضع لاتستطيع فيه حمل أغصانها ومقاومة تأثيرالرياح . يوضح الشكل (1) تغيرسماكة الجدار الخلوي، وحجم الفراغ الخلوي في الخشب بدلالة الكثافة [8] .



الشكل (1) تغير نسبة الجدران الخلوية ونسبة الفراغات الخلوية بتغير كثافة الخشب
1 – الكثافة $160\ Kg/m^3$، 2 – الكثافة $500\ Kg/m^3$، 3 – الكثافة $750\ Kg/m^3$
4 – الكثافة $1000\ Kg/m^3$ ، 5 – الكثافة $1200\ Kg/m^3$

يرتبط امتصاص الخشب للماء وللرطوبة ارتباطا" وثيقا" بتغير نسبة كل من الفراغات والجدران الخلوية . فامتصاص الخشب للماء يتم بالبداية من قبل الجدران الخلوية ، التي يمكن أن تصل إلى حد يدعى عادة بحد الإشباع . عندما تتجاوز نسبة الماء في الخشب نقطة الإشباع (Saturation point) فإنها تبدأ بملء الفراغات الخلوية الموجودة فيه .

في الحقيقة يتميز الخشب في حالة حد الإشباع بقيم متدنية للخواص الميكانيكية ، وعظمى للناقلية الكهربائية ، وبمعدل تمدد أعظمي [9] . عندما توجد في الخشب كمية من الماء تتجاوز حد إشباع الجدران الخلوية ، فإن هذا الماء يتوافر بشكل حر بالفراغات الخلوية ، ويدعى عندها بالماء الحر .
ترتبط آليات عملية تجفيف الخشب من الماء المتواجد فيه بطبيعة الجدران الخلوية . فعند تجفيف الخشب يبدأ ماء الطبقة السطحية بالتبخر ، أما الماء الداخلي فيبدأ بالحركة باتجاه الطبقات المحيطة . تختلف نفوذية الجدران الخلوية لبخار الماء باختلاف نوع الخشب . لهذا السبب ،فإن هذه الجدران تظهر مقاومات وممانعات مختلفة خلال عملية التجفيف (Drying process) أثناء حركة الماء باتجاه المحيط ، واستناداً لهذا يمكن أن نميز حالتين حديتين لعملية التجفيف [8, 9, 10] :

1 – الحالة الأولى، وتتمثل بكون الجدران الخلوية متوسطة النفوذية للماء ، ولبخار الماء .

في هذه الحالة يتحرك الماء من خلية إلى أخرى ، وأثناء حركته يقابل ممرات ذات مقاومات منخفضة . فعلى سبيل المثال عند تجفيف عينة ما ، يتبخر بالبداية الماء الحر الموجود في الخلايا السطحية ، ونتيجة لهذا يتناقص محتوى الماء فيها . يبدأ بعدها الماء الموجود بالخلايا الداخلية المجاورة بالحركة باتجاه السطح من خلية إلى أخرى ، وبالنتيجة، وفي حال عدم وجود مقاومات ، فإن محتوى الماء سوف يتناقص تدريجيا" وبشكل متماثل على كامل المقطع .

2 – الحالة الثانية، وتتمثل بكون الجدران الخلوية غير نفوذة للحركة المباشرة للماء ، ولبخار الماء .

في هذه الحالة، فإنه عند التجفيف، يتناقص محتوى الماء الحر الموجود في الخلايا السطحية . بما أن الخلايا تحتوي على الماء الحر ، فإن بخار الماء الموجود في الفراغات الخلوية يكون بالحالة المشبعة ، ولهذا السبب فإن الجدران الخلوية تبقى بالحالة المشبعة . بعد فصل كل الماء الحر من خلايا الطبقة السطحية، وبعد تناقص درجة إشباع بخار الماء من هواء الفراغات الخلوية، تبدأ عملية تجفيف الصف الثاني من الخلايا الداخلية . إن سبب الاختلاف في نفوذية الجدران الخلوية للماء ولبخار الماء، يعود إلى الاختلاف في البنية وفي الأسلوب التشريحي (الموقع الذي أخذت منه العينات) المتنوع للخشب ، وإلى تشرب الجدران الخلوية بالمواد الراتنجية والصبغية والعفصية .....الخ [8] .

إن الاختلاف في حجم كل من الفراغات والجدران الخلوية في الخشب ، وكذلك محتوى الماء فيه، يؤثران في ظاهرتي التمدد والتقلص (Volumetric extraction and expansion) عند حدوث عملية التجفيف ، أو عند ارتفاع نسبة بخار الماء في الوسط المحيط . وهاتان الظاهرتان تعتبران من الخواص الهامة للخشب ، لأنهما السبب في تفسير الالتواءات (warping) الحاصلة في المنتجات النهائية . لذلك ينبغي تحديد معاملات التمدد والتقلص للأخشاب قبل التشغيل والاستثمار .

الهدف من البحث :

تلقي هذه المقدمة النظرية الضوء على الموقع الهام الذي تشغله كثافة الأخشاب ، إما من حيث التصنيف ، وإما من حيث إعطاء فكرة عن البنية الداخلية التي تتكون منها . لهذا السبب حرصنا _في بحثنا هذا_ على دراسة مجموعة من الخواص الفيزيائية الرئيسة مثل : الكثافة ، والرطوبة ، وامتصاصية الماء ، وحساب نسبة كل من الفراغات والجدران الخلوية . لتحقيق الدراسة استخدمنا في بحثنا بعض الأخشاب الطبيعية المستوردة ، والتي تم تصنيفها بالبحث استناداً للكثافة ، وأكثر أنواع الأخشاب الصناعية الرائجة الاستخدام في القطر العربي السوري والمعروفة تجاريا" باسم MDF ، وذلك بهدف الحصول على مجموعة واسعة من المنحنيات للخواص المدروسة، وإجراء مقارنة فيما بينها واعتماد هذه النتائج كمعيار لإجراء مقارنة بينها وبين الأخشاب الصناعية التي نهدف إلى تصنيعها ، والتي ستكون محوراً لأبحاث لاحقة انطلاقاً من مواد بوليميرية مختلفة بالتركيب الكيميائي ، وبالخواص الفيزيائية – الميكانيكية .

لتحقيق هذا الهدف كان لابد من دراسة النقاط التالية :

1 – دراسة كثافة الأخشاب بأنواعها المختلفة (الكثافة في الحالة العادية – الكثافة في الحالة الجافة المطلقة – الكثافة في الحالة المشبعة المطلقة – الكثافة الشرطية) .

2 – دراسة المحتوى المطلق والنسبي للماء في الخشب – تحديد نسبة كل من الفراغ والجدران الخلوية

3 – تحديد مقدار كل من التمدد والتقلص الحجمي .

المواد المستخدمة، وطرائق القياس :

1 –خشب الشوح : اللون أبيض يميل إلى الاصفرار قليلاً – التركيب يميل إلى الخشونة _ عديم الرائحة والطعم .

2 – خشب السنديان :اللون أسمر كستنائي فاتح يميل إلى الاصفرار والاحمرار – التركيب يميل إلى النعومة – عديم الرائحة .

3 – خشب السويد : اللون بني فاتح _ التركيب يميل إلى الخشونة

4 – الخشب الصناعي MDF - وهو عبارة عن ألواح ذات أبعاد تجارية خاصة .

لتحقيق العمل التجريبي كان من الضروري تحضير عينات الاختبار من أنواع الخشب المذكورة، بأبعاد مطابقة للاختبارات القياسية العالمية، وفق ما يلي :

– عينات اختبار الوزن النوعي : تم تحضير 16 عينة من كل نوع، بأبعاد 20.20 mm, وبسماكة للعينات باتجاه الألياف 2 5 ± 5 mm

فيما يتعلق بالخشب الصناعي المختبر، فقد تم تحضير عينات الاختبار بأبعاد 20.20.20 mm

–لدراسة امتصاصية الأنواع المدروسة تم تحضير عينات الاختبار، بالأبعاد النظامية المطابقة للاختبارات القياسية . 20 20. 20 mm

تم تحديد أبعاد العينات المدروسة بواسطة ميكرومتر بدقة حتى 0.01 mm ، وذلك بحساب المتوسط الحسابي للقراءات المأخوذة للأبعاد (5 قراءات للبعد الواحد)، بعد ذلك حددت أوزان العينات المدروسة بواسطة ميزان إلكتروني بدقة حتى 0, 01mg .

أثناء الدراسة التجريبية استخدمنا القوانين والعلاقات اللازمة التالية :

- تم حساب الوزن النوعي للعينات بالطريقة الوزنية [11] ، باستخدام العلاقة التالية :

$$r = \frac{m}{V} = \frac{m}{l.t.r} \qquad (1)$$

حيث إن : ρ : الكثافة في الحالة العادية Kg / m^3 , .

m : وزن العينة Kg , . ν : حجم العينة m^3 , .

إن جميع الأبعاد في هذه العلاقة تطابق أبعاد العينة في الحالة الابتدائية للاختبار ، والموافقة للكثافة عندما تكون نسبة الرطوبة % 1 2 .

- الوزن النوعي في الحالة الجافة المطلقة : ويتم تحديده بعد تحقيق تجفيف عينات الاختبار والوصول إلى الاستقرار الوزني ، الذي يتحقق بنتيجة استقرار بأبعاد العينات . ويحسب بالعلاقة التالية :

$$r_0 = \frac{m_o}{l_o t_0 r_o} = \frac{m_o}{v_o} \qquad (2)$$

إن جميع المتغيرات في هذه العلاقة تطابق الحالة الجافة المطلقة لعينات الاختبار .

- الوزن النوعي لعينات الاختبار في الحالة المشبعة . وقد تم تحديده بعد غمر العينات بالماء والوصول إلى الحالة المشبعة نسبيا"، وقراءة التغيرات الحاصلة بأبعاد العينات ، ويحسب بالقانون التالي :

$$r_{max} = \frac{m_{max}}{v_{max}} = \frac{m_{max}}{l_{max} t_{max} r_{max}} \qquad (3)$$

- تم حساب الكثافة الشرطية للعينات المدروسة باستخدام العلاقة التالية :

$$r_Y = \frac{m_o}{l_{max} .t_{max} .r_{max} 126} = \frac{m_o}{V_{max}} \qquad (4)$$

تم تحديد كل من المحتوى النسبي والمطلق للماء في الخشب وذلك بالعلاقات التالية :

$$w_{ab} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} 100 \quad (5)$$

$$w_{ot} = \frac{m_1 - m_0}{m_1} 100 \quad (6)$$

- حيث إن w_{ab} ، w_{ot} : المحتوى المطلق والنسبي للماء في الخشب على التوالي .
m_1 :كتلة العينة في لحظة الاختبار .
m_0 : كتلة العينة في الحالة الجافة المطلقة .

تم حساب نسبة الجدران الخلوية والفراغات الخلوية في الخشب [8] وذلك وفق العلاقتين التاليتين :

$$n\% = 0,065 \; r_0 * 100 \quad (7)$$

$$c\% = (100 - 0,065 \; r_0) * 100 \quad (8)$$

حيث إن $n\%$ و $c\%$: هما على التوالي نسبة الجدران الخلوية والفراغ الخلوي في الخشب على التوالي .
ρ_o : كثافة الخشب في الحالة الجافة المطلقة .

- تم حساب النسبة المئوية للتمدد الحجمي ، والنسبة المئوية للتقلص الحجمي على التوالي بالعلاقتين :

$$a_V = \frac{V_{max} - V_o}{V_0} * 100 \quad (9)$$

$$b_V = \frac{V_{max} - V_o}{V_{max}} * 100 \quad (10)$$

حيث إن α_V , β_V : هما على التوالي معامل التمدد والتقلص الحجمي .

النتائج، والمناقشة:

في البداية كان من الضروري تحديد كثافة عينات الاختبار، في الحالة العادية لأنواع الأخشاب المدروسة ، لاعتبارها قيماً مميزة فقط لهذه الأنواع . ويبين الجدول (1) قيم الكثافة للأخشاب المختبرة . وكما هو واضح من الجدول، فإن أكبر

قيمة للكثافة هي لخشب السنديان ، وهي تبين أنه ينتمي إلى مجموعة الأخشاب الثقيلة . أما قيمة كثافة خشب الشوح فتدل على أنه ينتمي إلى الأخشاب الخفيفة ، في حين ينتمي خشب السويد إلى مجموعة الأخشاب المتوسطة الثقل .

الجدول (1) – قيم كثافة الأنواع المدروسة من الأخشاب بأبعاد للعينات mm (5 ± 25).20.20

نوع الخشب	السويد	الشوح	السنديان	MDF
P, g/cm^3	0. 593	0.400	0.766	0.746

إن القراءة الأولية لقيم كثافة الأخشاب المدروسة، تمثل _في الواقع_ المعيار الأولي المميز لنوعية الأخشاب المستخدمة بالاختبار ، وهي _في الواقع_ قيم خاصة، وليست عامة، نظراً لتباين خواص النوع الواحد من الخشب باختلاف مصدر المنشأ . إن المؤشر الأولي لقيم الكثافة المعطاة بالجدول ,(1)يدل على أن سماكة الجدران الخلوية لخشب السنديان أكبر من سماكة الجدران في الأنواع الأخرى ، أما الفراغ الخلوي فهو أعظمي في خشب الشوح بالمقارنة مع الأنواع الأخرى .

كما هو معلوم ،فإن الخشب الصناعي MDF يلقى رواجا" كبيرا" في أسواقنا المحلية ، وذلك من قبل المهتمين بأمور الديكور وصناعة الأثاث المنزلي . يعود السبب في هذا لما يبديه من خواص تؤهله ليكون بديلا" للخشب الطبيعي، مثل : جمال السطح الخارجي للمنتج النهائي ، وسهولة التعامل معه خلال عملية التصنيع مثل : اللصق ، والتشغيل ... الخ إن العيب الكبير في هذا الخشب الصناعي يكمن_ في الواقع_ بصعوبة ربط القطع بعضها ببعض بواسطة المسامير ، حيث تتعرض الحواف إلى التفتت والتفسخ . إن القيمة العالية لكثافة هذا الخشب تجعله ينتمي لمجموعة الأخشاب الثقيلة أو القاسية ؛ لأننا لو أجرينا مقارنة بينه وبين خشب السنديان، لوجدنا تشابهاً كبيراً بينهما، ولاسيما في القساوة والوزن النوعي العالي ، وربما يعود السبب في هذا العيب إلى طبيعة المادة البوليميرية المستخدمة كمادة رابطة، عند تحضيره صناعياً .

كما هو معلوم، عند تحضير الأخشاب الصناعية تستخدم مواد رابطة متنوعة تدعى بمواد الأساس ، وهذه المواد هي مواد بوليميرية تنتمي ، إما إلى مجموعة البلاستيك الحراري ، مثل : البولي ايتلين ، والبولي بروبلين والبولي فينيل كلوريد ، وإما إلى مجموعة البلاستيك المتصلب حرارياً ، مثل :البولي فورمالدهيد ، والبولي استر غير المشبع،وراتنجات الايبوكسي [1 2, 13, 14, 15, 16] . وهذه المواد مجتمعة تختلف في التركيب الكيميائي ، كذلك في الخواص الفيزيائية – الميكانيكية . الأمر الذي يجعل منتجات هذه المواد متباينة فيما بينها من حيث الخواص .

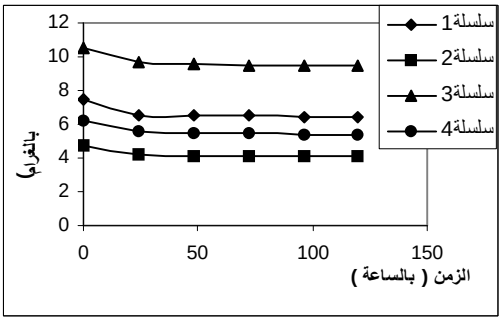
لمعرفة التغيرات التي تطرأ على كثافة الأخشاب المدروسة عند تجفيفها، (بالطبع تغير كل من الكتلة والحجم والوزن النوعي)، كان لابد من دراسة التغيرات التي تتعرض لها عينات الاختبار، بدلالة زمن التسخين عند وضعها في فرن تجفيف بدرجة حرارة اختبار نظامية (2±103) درجة مئوية . بينت النتائج التي حصلنا عليها ، والموضحة بالشكل (2)، أن أعظم فقد في كتلة العينات يحدث بعد مرور 24 ساعة من زمن التسخين ، بعد ذلك يلاحظ حدوث استقرار نسبي وواضح في مسار المنحنيات كافة . إن سبب هذا التناقص في الكتلة يعود في الواقع إلى فقدان الماء ، وبخار الماء إضافة إلى فقد مواد أخرى مثل المواد الراتنجية والزيوت و....الخ ، والتي يمكن أن تتبخر بشكل جزئي مع الماء .يبين الجدول (2) تغير مقدار الفقد النسبي $\Delta m\%$ الحاصل في عينات الاختبار بدلالة زمن التجفيف .

الجدول (2) مقدار الفقد النسبي % Δm الحاصل في عينات الاختبار بدلالة زمن التجفيف

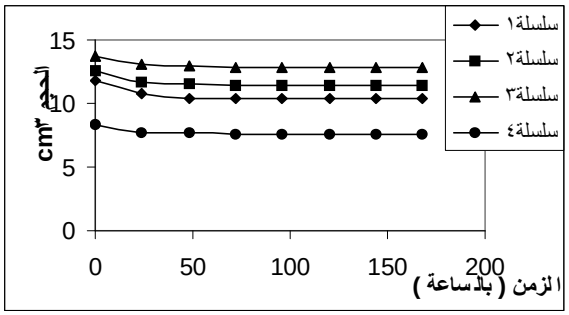
نوع الخشب	زمن التجفيف مقدرا" بالساعات							
	0	24	48	72	96	120	144	168
الشوح	0	10 ,03	12,84	13,14	13,22	13,22	13,22	13,22
السويد	0	12,24	12,45	12,94	13,10	13,11	13,15	13,18

السنديان	0	9,51	11,39	11,84	12,33	12,36	12,38	12,38
MDF	0	10,89	12,31	12,60	12,73	12,79	12,92	12,95

من الجدول (2) نلاحظ أن مقدار الفقد النسبي الحاصل في الكتلة يحافظ على قيمة ثابتة له بعد مرور زمن تجفيف أكبر من 2 7 ساعة ، وذلك بالنسبة لجميع الأنواع المدروسة ، باستثناء الخشب الصناعي الذي يصل إلى حالة الاستقرار في الكتلة بعد مرور 48 ساعة تجفيف . إن هذه النتائج تسمح لنا في الواقع معرفة



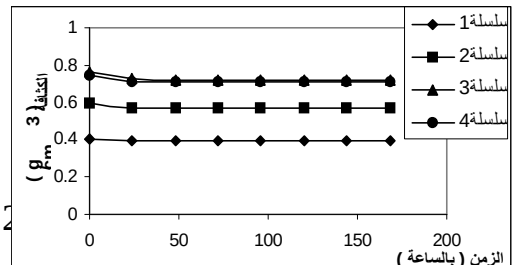
الشكل (2) - منحنيات تغير كتلة عينات الاختبار مع زمن التجفيف
سلسلة 1 – خشب الشوح ، سلسلة 2 – خشب السويد MDF
سلسلة 3 – خشب السنديان ، سلسلة 4 – خشب التسخين

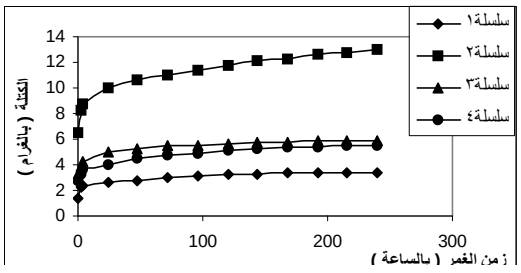


الشكل (3) - منحنيات تغير حجم عينات الاختبار مع زمن التسخين
سلسلة 1 – خشب الشوح ، سلسلة 2 – خشب السويد
سلسلة 3 – خشب السنديان ، سلسلة 4 – خشب MDF

التغيرات التي تطرأ على كتلة عينات الاختبار، فيما لو استخدمت في وسط حراري أعلى من درجة الوسط المحيط وأدنى من درجة حرارة الاختبار . في الحقيقة ينبغي أن يقابل هذا الاستقرار في البنية استقرار بأبعاد العينات أو المنتجات . توضح منحنيات الشكل (2) أن مسار المنحنيات بالنسبة لجميع الأنواع المدروسة متشابه مما يعني أن آلية فقدان المواد القابلة للتبخر واحدة بالنسبة لجميع الأخشاب .

تبين منحنيات الشكل (3) تغيرات حجم العينات المدروسة بدلالة زمن التسخين . وكما هو واضح من الشكل أن أعظم تغير في الحجم تتعرض له العينات، يحدث خلال 24 ساعة الأولى من زمن التسخين ، وهذا التغير يكون طفيفا" في خشب السنديان . كما يلاحظ أن مسار المنحنيات كافة يصبح موازياً لمحور الزمن مما يدل على الاستقرار في الحجم بعد مرور اليوم الأول من التجفيف . إن هذا الاستقرار الحاصل في كل من الحجم والكتلة بعد مرور 24 ساعة تجفيف من الطبيعي أن يقابله استقرار في الكثافة بعد انقضاء هذه الفترة ، وهذا مايؤكده الشكل (4) الذي يبين منحنيات تغير الكثافة بدلالة زمن التجفيف . كما هو واضح من الشكل ,لايوجد تغير في كثافة خشب الشوح نتيجة عملية التجفيف حيث يلاحظ ثبات قيمة الكثافة باستمرار التسخين .ربما يعود السبب في هذا إلى المسامية العالية التي يملكها هذا الخشب الأمر الذي يجعل محتواه من الرطوبة والماء أقل مايمكن ، إضافة إلى أن مثل هذه البنية تسهل في الواقع عملية انفصال هذه المحتويات بسرعة، بالمقارنة مع الأنواع الأخرى . ويبين الشكل أيضا" أن التغير الحاصل في الكثافة نتيجة عملية التجفيف يكون صغيراً جداً، خلال اليوم الأول من عملية التجفيف بالنسبة لجميع الأنواع المدروسة ، حيث يلاحظ ثبات كثافة كافة الأنواع بعد انقضاء اليوم الأول على التجفيف . إن هذا الاستقرار العام في الكثافة بعد انقضاء 24ساعة تسخين، يتيح لنا في الواقع استخدام هذه الأنواع من الأخشاب في وسط ،درجة حرارته تصل حتى الدرجة 2 ± 103 درجة مئوية نتيجة الاستقرار الحاصل، بأبعاد عينات الأخشاب المدروسة .

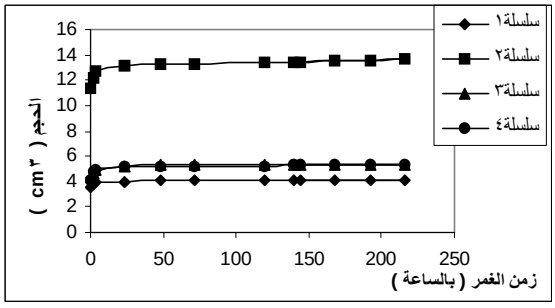




و هذا الاستقرار في البنية يرافقه في الواقع استقرار في الخواص الميكانيكية ، الأمر الذي يوسع آفاق التطبيقات الهندسية لهذه الأخشاب في الحياة العملية .

من المعلوم أن الأخشاب من المواد القابلة للامتصاص ليس فقط للماء والرطوبة ، وإنما لكثير من المواد السائلة التي لها القدرة على التغلغل عبر مسامات الخشب السطحية . يعود السبب في هذا إلى البنية الداخلية المؤلفة _في الأساس_ من جدران وفراغات خلوية . فالماء، أو الرطوبة الممتصة من الأخشاب، تجد بادئ ذي بدء مكانة لها في الجدران الخلوية التي تتقبل هذه المواد إلى أن تصل إلى مرحلة الإشباع ، بعد ذلك تبدأ بأن تشغل حجم الفراغات الخلوية . إن وصول الخشب إلى الحالة المشبعة المطلقة يتطلب زمنا" طويلا" نسبيا" يتجاوز ستة أشهر [8] ،ويرافق هذا تغير واضح بالأبعاد الأمر الذي يسبب حدوث التمدد الحجمي . شكل الأبعاد بالحالة المشبعة المطلقة الأبعاد العظمى التي يمكن أن يشغلها الخشب ، وتبين الدراسات أن التغيرات بالاتجاهات القطرية والمماسية تكون أعظمية، في حين يكو ن التغير في إتجاه الألياف صغيرا" جدا" لدرجة يمكن إهماله . تبين منحنيات الشكل (5) نتائج غمر عينات الاختبار المدروسة بالماء لمدة 10 أيام متتالية .كما هو واضح، إن كتلة العينات لا تصل إلى الحالة المستقرة ، حيث يلاحظ وجود تزايد مستمر صغير إن هذا التزايد يكون واضحاً في خشب الشوح والسويد والخشب الصناعي ، في حين نلاحظ أن ميل الكتلة للاستقرار يكون أكبر في خشب السنديان . ونظرا" للفروقات الصغيرة الحاصلة بين قراءتي الكتلة في اليومين التاسع والعاشر قبلنا تجاوزا" أن العينات وصلت في اليوم الأخير إلى الحالة المشبعة المطلقة . تبين النتائج أيضا" أن أعظم تزايد في الكتلة يحدث خلال زمن اليوم الأول ، أي أن عينات الاختبار تقوم خلال اليوم الأول بدور جسم ماص قوي للماء وللرطوبة.

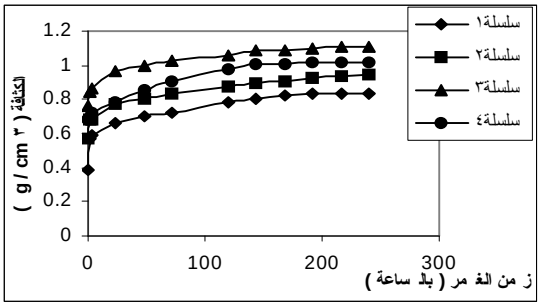
إذا كان الاستقرار في الكتلة يتطلب زمنا" أكبر من عشرة أيام غمر بالماء ، فإن أبعاد العينات تصل خلال هذه الفترة إلى الحالة المستقرة تقريبا" ، وهذا ماتوضحه منحنيات الشكل (6) التي تبين تغير حجم العينات



الشكل (6) - منحنيات تغير الحجم بدلالة زمن الغمر بالماء

سلسلة 1 – خشب الشوح ، سلسلة 2 – خشب السويد

سلسلة 3 – خشب السنديان ، سلسلة 4 – خشب MDF



الشكل (7)- منحنيات تغير الكثافة بدلالة زمن الغمر بالماء

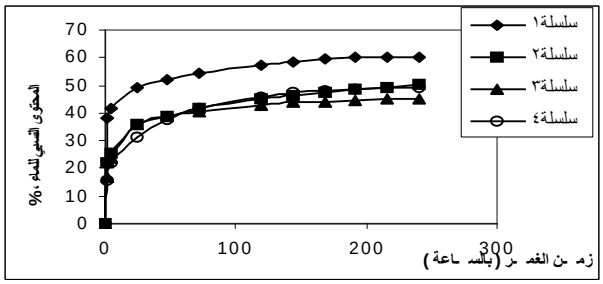
سلسلة 1 – خشب الشوح ، سلسلة 2 – خشب السويد

سلسلة 3 – خشب السنديان ، سلسلة4 – خشب MDF

بدلالة زمن قورز في الحجم جمر .

ينبغي أن نشير هنا إلى أننا درسنا تأثير زمن غمر العينات في مسار منحني التغير الحجمي، وذلك عندما اعتمدنا أبعاد عينات خشب السنديان أكثر من العينات الأخرى ، ولقد تبين أن المسار العام لمنحنيات تغير الحجم بدلالة زمن الغمر متشابه، على الرغم من اختلاف الأبعاد .

للوصول إلى الحالة المشبعة المطلقة، فإن الخشب يمر بمراحل انتقالية، تبدأ بالوصول إلى الحالة المشبعة للجدران الخلوية ، وتنتهي بإشباع الفراغات الخلوية الموجودة فيه . ونتائج تغير الكتلة بدلالة الغمر تدل على وجود سرعات متفاوتة في عملية الامتصاص، التي تبلغ درجتها القصوى خلال اليوم الأول ، حيث تحدث خلاله عملية الامتصاص من قبل الجدران الخلوية . وهذا ماتؤكده النتائج التجريبية، من أن خشب السنديان القاسي (نسبة الجدران الخلوية فيه أعظمية) يصل بالمقارنة مع الأنواع الأخرى الطبيعية (ذات الفراغات الخلوية الأكثر) إلى حالة الاستقرار في الكتلة بشكل أسرع . وبما أن الانتفاخ الحجمي في الخشب تحدثه الجدران الخلوية ،أصبح واضحا" أنه من المنطقي حدوث الثبات الحجمي ،بزمن أقل من الزمن اللازم لحدوث الثبات الكتلي .إن هذا اللاثبات في الكتلة ، والثبات الواضح في الحجم ,نتيجة عملية الغمر بالماء، يعني بالضرورة عدم استقرار كثافة العينات المختبرة بدلالة زمن الغمر . تبين منحنيات الشكل (7) تغير كثافة العينات بدلالة زمن الغمر .وكما هو واضح من الشكل، فإن جميع المنحنيات تبدي تزايداً ملحوظاً في الكثافة باستمرار زمن الغمر بالماء ،وإن هذه الزيادة تكون أعظمية خلال اليوم الأول من الغمر ويبين الشكل أيضاً أن المسارات العامة للمنحنيات كافة متشابهة من حيث الشكل العا م ، وأنها تميل إلى الاسقرار نوعا" ما في الأيام الأخيرة الثلاثة من زمن الغمر ، ولكن هذا لايعني_ في الواقع_ وصول العينات كافة إلى الحالة المشبعة المطلقة ، مما يعني ضرورة استمرار عملية الغمر ، وضرورة استمرار مراقبة تغير الكتلة والأبعاد المتعلقة بعينات الاختبار.



الشكل (8) - منحنيات تغير المحتوى النسبي للماء بدلالة زمن الغمر بالماء
سلسلة 1 – خشب الشوح ، سلسلة 2 – خشب السويد
سلسلة 3 – خشب السنديان ، سلسلة 4 – خشب MDF

يبين الشكل (8) منحنيات تغير المحتوى النسبي للماء في العينات المختبرة بدلالة زمن الغمر . كما هو واضح من الشكل، فإن المحتوى النسبي للماء يزداد باستمرار زمن الغمر ، ويكون أعظميا" في خشب الشوح ، وأصغريا" في خشب السنديان ، في حين يحتل كل من خشب السويد والخشب الصناعي مكانة وسطية . وتبين المنحنيات أن زمن الغمر (10 أيام) غير كافٍ للوصول إلى حالة الإشباع، حيث لايلاحظ حدوث توقف لعملية الامتصاص ، على الرغم من الكميات الضئيلة الممتصة .

إن تحديد كل من الكتلة والحجم في الحالة الجافة المطلقة ، وكذلك الحجم في الحالة المشبعة المطلقة، يسمح لنا بتحديد كثير من البارامترات التي يمكن من خلالها إجراء التوصيف الجيد للمواد الخشبية، وذلك من خلال ربط كثير من الخواص الفيزيائية – الميكانيكية بهذه البارامترات .وتبين الجداول: (3,4,5) بعض هذه البارامترات التي تفيدنا في الكثير من قراءتنا الأولية لخواص هذه الأخشاب المدروسة

الجدول (3) – نسبة الجدران والفراغات الخلوية في الأخشاب المدروسة .

نوع الخشب	الكثافة بالحالة الجافة المطلقة g / cm^3	نسبة الجدران الخلوية بالنسبة لحجم الخشب ، n %	نسبة الفراغات الخلوية c %
السويد	0.567	36.85	63.14

الشوح	0.383	24.89	75.10
السنديان	0.751	48.81	51.18
MDF	0.681	44.26	55.73

الجدول (4) - النسب المئوية للتقلص والانتفاخ الحجمي لأنواع الخشب المدروسة

نوع الخشب	الحجم في الحالة الجافة المطلقة V_o , cm^3	الحجم في الحالة المشبعة المطلقة V_{max}, cm^3	النسبة المئويةللانتفاخ الحجمي α_v , %	النسبة المئويةللانكماش الحجمي B_v,%
السويد	11.40	13.63	19.53	16.34
الشوح	3.533	4.081	15.51	13.42
السنديان	4.32	5.34	23.61	19.10
MDF	4.08	5.36	31.37	23.88

الجدول (5) - قيم الكثافة بأنواعها المختلفة للأخشاب المدروسة

نوع الخشب	الكثافة في الحالة العادية g / cm^3	الكثافة في الحالة الجافة المطلقة ρ_o , g / cm^3	الكثافة في الحالة المشبعة بالماء ρ_{max}, g / cm^3	الكثافة الشرطية ρ_y, g / cm^3
السويد	0.593	0.567	0.950	0.474
الشوح	0.400	0.383	0.839	0.331
السنديان	0.766	0.751	1.110	0.607
MDF	0.746	0.681	1.019	0.518

تشكل المعلومات المدونة في هذه الجداول بيانات هامة، يمكن من خلالها إجراء التقيم الأولي لطبيعة الخشب . فالتعامل مع الحالات الحدية (الحالة الجافة المطلقة والحالة المشبعة المطلقة) يسمح لنا بتحديد كثير من البارامترات الهامة ؛مثل نسبة الفراغات ،والجدران الخلوية التي من خلالها يمكن التكهن حول الخواص المتنوعة الفيزيائية والميكانيكية ، وكذلك نسب التمدد أو التقلص الممكن حدوثها في الأخشاب المستخدمة ، التي تزودنا_في الواقع_ بمقدار التغير الشكلي الممكن حدوثه في المنتجات المصنعة من هذه الأخشاب ، والتي بدورها تفيدنا أيضا" بتحديد مقدار الفتل أو الاعوجاج الممكن حدوثه، فيما لو تعرض المنتج الخشبي لأجواء رطبة أو مائية . أما فيما يتعلق بالقيم المتنوعة للكثافات، فإنها تزودنا بالمعلومات الأولية حول المجموعة التي ينتمي إليها الخشب من خلال قراءة قيم الكثافة (ثقيلة، متوسطة الثقل ، خفيفة) إضافة إلى تحديد محتوى كل من الرطوبة والماء ، وكذلك مقدار نسبة مادة الخشب الصافي بمساعدة الكثافة الشرطية .

الخلاصة :

استنادا" إلى النتائج السابقة نستنتج مايلي :

1 – على الرغم من تنوع الأخشاب المدروسة ، فإن النتائج تدل على أن مسارات منحنيات كل من تغير الكتلة والحجم والكثافة بدلالة زمن التسخين متشابهة ، حيث يلاحظ حدوث استقرار نسبي في هذه البارامترات بعد مرور 24 ساعة .

2 – بينت النتائج التجريبية عدم الوصول إلى الحالة المسقرة بدلالة زمن الغمر، بسبب عدم استقرار الكتلة ، على الرغم من الاستقرار الحاصل في حجم العينات المدروسة خلال زمن التجربة . إن هذا _في الواقع_ يعني ضرورة الاستمرار بالتجربة .

3 – بينت النتائج أن المحتوى النسبي للماء في خشب السنديان بدلالة زمن الغمر أقل، بالمقارنة مع الأنواع الأخرى .

4 – دلت نتائج التجارب التي أجريت على خشب DF M مايلي :

- كثافة هذا الخشب تجعله ينتمي إلى مجموعة الأخشاب الثقيلة .
- التغيرات الحاصلة لمختلف البارامترات بدلالة زمن التجفيف وزمن الغمر بالماء، مشابهة _بشكل واضح_ للتغيرات الحاصلة في الخشب الطبيعي ، وهي_ إلى حد ما _مقاربة لخشب السنديان الطبيعي .
- دلت نتائج الغمر بالماء أن مسار منحني تغير الكثافة مشابه لمسارات المنحنيات الخاصة بالخشب الطبيعي ، وأن التزايد الحاصل في قيمة الكثافة لهذا الخشب أعظم مايمكن ، ولكنه يبقى مقاربا" لخشب السنديان .
- إن النتائج المبينة في الجداول (3,4,5) تبين أن نسبة الفراغات في هذا الخشب مقاربة لنسبة الفراغات في خشب السنديان ، وأن النسبة المئوية للانتفاخ الحجمي أكبر بمقدار 1.32 مرة تقريبا" بالمقارنة مع خشب السنديان ، وأكبر بمقدار 2 مرة بالمقارنة مع خشب الشوح . أما النسبة المئوية للانكماش الحجمي فهي أكبر بحدود 1.25 مرة من خشب السنديان ، و 1.77مرة من خشب الشوح .

□

□

□

□

□

□

□

□

□

المراجع :

.....

1 – المهندس محمد عدنان فراوتي – " خواص المواد واختبارها " – مطبوعات جامعة حلب 1976.

2 –البرفسور ميلتشو انجلوف ناتوف " إنتاج قطع من الدرفوليت لصناعات الموبيليا وللإنشاءات " – المعهد العالي للكيمياء التكنولوجية – صوفيا 1984، (باللغة البلغارية).

3 – درغانوف. ر . ي – " كيمياء الخشب " – بلغاريا . صوفيا 1976 ,(باللغة البلغارية).

4 – روستشيف . د . د – " كيمياء الوقود الصلب " – لينينغراد . 1976، (باللغة الروسية).

5 –المهندس معين الزغت – " أساسيات ومبادئ علوم الغابات والحراج – الجزء الأول ، الحراج وحراجيها " .1966

6 –المهندس معين الزغت – " أساسيات ومبادئ علوم الغابات والحراج – الجزء الثاني ، الخشب واستعمالاته" .1966

7 – Wangard f. f " The mechanical properties of wood " Newyork, John Willy & sons 1050

8 – البروفسور إنتشف ، الدوتسنت بلسكوفا – " علم الأخشاب " – صوفيا 1989، (باللغة البلغارية).

9 – Skaar c. h " Water in wood " Syracuse, University press, 1971

10– تشيدينوف . ب . س – " الماء في الخشب " – موسكو – دار النشر " العلوم " 1984،(باللغة الروسية)

11 – ديمو خريستوف ، إيسيدور ملادينوف ، ستيفان أرمينسكي وآخرون – " تجارب مخبرية في الفيزياء " صوفيا 1990، (باللغة البلغارية).

12 – Natov .M, S Vassileva – USA patent N: 4594372 / 1986 – " Polyvinychloride composition "

13 – Bozveliev .Z, I. Denchev – " Plast u kautschuk " 25, N: 8,10,1978

14– ناتوف . م ، س . فاسيليفا ، ر . منصور " الخواص الريولوجية لمركبات البولي فينيل كلوريد – بودرة الخشب "الدرفوليت "– مجلة الكيمياء والتكنولوجيا ، صوفيا ، 36 ، 10 ، 1992 ،(باللغة البلغارية)

15 – Kokta B .V, at all – " Polymer Mater. Sci. & Eng " 58, 834, 998

16 –Kokta B. V, at all – " Polymer plast.technol. & eng " 29, N:1,2, 1990 .