الأثر و القيمة في تصميم و انتاج عناصر النحت المعماري من الخشب الحيوي

The Impact and Value In the design and production of architectural sculpture elements from bio-wood

م.د/ مروان عبد الله حسين

المدرس بقسم النحت و التشكيل المعماري - كلية الفنون التطبيقية – جـــامعة حلوان

Dr. Marwan Abdullah Hussein

Instructor, Department of Sculpture and Architectural Design, Faculty of Applied Arts, Helwan University

marwan_hossien@a-arts.helwan.edu.eg

الملخص:

تتنوع و تتباين عناصر النحت المعماري التي ارتبطت بتجميل العمارة الخارجية و الداخلية منذ اقدم الحضارات كما تنوعت أيضاً خامات و تقنيات تنفيذها باختلاف تلك الحضارات و باختلاف الزمان و المكان , و شمل هذا التنوع في خامات و تقنيات التنفيذ بداية الأحجار بأنواعها بالتشكيل المباشر فيها ثم تلا ذلك استخدام الأسمنت أو الجبس أو خليط منهما معاً عن طريق الصب في القوالب , و مع التطور الهائل في جميع مجالات العلوم في القرن العشرين تطور الأمر لاستخدام مواد أخرى أسرع تجهيزاً و أقل كلفة و لها خصائص فيزيائية و ميكانيكية فائقة مثل GRC و GRG و GRP و غيرها من المواد التي تعتمد في اساسها على الصب في القوالب للحصول في النهاية على عنصر النحت المعماري المطلوب.

تختلف عناصر النحت المعماري في أجزائها و شكلها و وظيفتها و تعريفها في الطراز المعماري الواحد لكنها في نفس الوقت تتناسق جميعاً فيما بينها لتشكل في النهاية طراز و اسلوب العمارة الذي يمنحها كينونتها و هويتها , و يطلق مصطلح طراز Style أو Order في العمارة على البناء لتعريف شخصيته و لتمييزه من حيث الشكل و الهيئة العامة .

و نظراً للخواص الفائقة لمنتج الخشب الحيوي و التي يمكن أن تضيف قيماً مختلفة لعناصر النحت المعماري حال تنفيذها منه , من هنا كانت الحاجة لمناقشة هذا الطرح من خلال هذا البحث لتوضيح أهمية الخشب الحيوي بصفة عامة كبديل عصري و صديق للبيئة وله منافع متعددة تتفوق على الخشب الطبيعي و من هنا أيضاً تأت أهمية استبداله بالخشب الطبيعي في حال الحاجة لانتاج عناصر نحت معماري من الخشب و تحت اعتبارات محددة مما يحقق أثر و مردود أفضل على كافة الجوانب المتعلقة بتطبيقات النحت المعماري بصفة خاصة.

الكلمات المفتاحية: الخشب الحيوي – النحت المعماري – التصميم

ABSTRACT

Introduction:

As to the wide scientific development in all fields in the twentieth century, a technologies and materials used more efficiency and less expensive with more better physical and mechanical properties, such as GRC, GRG and GRP. And other materials based on mold casting to produce architectural sculpture elements.

Due to the fine properties of the bio-wood product (WPC), which can add different values to the architectural sculpture units that produced from the bio-wood, it was necessary to discuss this thesis through this research to clarify the importance of the bio-wood in general as a modern alternative and environmentally friendly with multiple benefits than natural wood, here comes the importance of replacing the bio-wood instead of the natural wood, in case of the need to produce an architectural sculpture units of wood and under specific considerations, which will achieve a better impact on all aspects related to the applications of architectural sculpture in general.

So the research problem appeared in:

• The need of the architectural sculpture field to solutions of design and alternatives more susceptible to the various damage factors.

• Bio-wood does not contribute to the development of the architectural sculpture field.

The Lack of contributing of the bio-wood in the architectural sculpture field.

The research aims to:

• To reach the considerations when applying innovative solutions in the architectural sculpture field.

• Create design system of bio-wood material for architectural sculpture elements.

The importance of research is:

• Utilizing the unique properties of the bio-wood in architectural sculpture elements.

The research assumes:

• It is possible to reach the design and production considerations of the architectural sculpture elements by studying the bio-wood properties.

Research limits:

• Develop a system for the profile design of bio-wood as a modern alternative to the architectural sculpture elements.

Hypothesis of research:

• The research follows the experimental and analytical method.

Keywords: Bio-wood – Architectural Sculpture - Design

مشكلة البحث:

- حاجة النحت المعماري الى حلول تصميمية و بدائل تنفيذ حديثة بخصائص اكثر قابلية لمجابهة العوامل المختلفة .
- عدم ظهور دور واضح (لا سيما محليا) للخشب الحيوي في المجالات المرتبطة بتشكيل النحت المعماري.

يهدف البحث إلى :

- دراسة الخشب الحيوي لنشر ثقافة استخدامه محليا في المجالات المختلفة بصفة عامة و مجالات النحت المعماري بصفة خاصة كبديل عصري ذي خواص متميزة.
- وضع الاعتبارات التي يجب مراعاتها عند تطبيق الحلول الابتكارية في مجال التشكيل المعماري تطبيقاً على خامة الخشب الحيوي.
- وضع نظم للتصميم لعدد من عناصر النحت المعماري من خامة الخشب الحيوي.

أهمية البحث:

- يضع الأسس العلمية لدراسة و تصميم و تطبيق معالجات لخامة حديثة في مجال النحت المعماري .
- الاستفادة من الخصائص الفريدة للخشب الحيوي في تطبيقات النحت المعماري.
- السعي الى تغيير الفكر التصميمي و التطبيقي في مجال النحت المعماري عن طريق استخدام منتجات الخشب الحيوي كبديل تصميمي و تطبيقي.
- الاستفادة من دور الخشب الحيوي كمنتج صديق للبيئة مقارنة بالبدائل الأخرى المستخدمة تقليديا في النحت المعماري.

وافترض البحث:

- أنه بدراسة خصائص منتجات الخشب الحيوي وبحث إمكانية استخدام بعض قطاعاتها تصميمياً ومن ثم تطبيقها كحلول جمالية للنحت المعماري يمكن وضع اعتبارات لتصميم بعض عناصره.

حدود البحث:

- تصميم قطاعات من الخشب الحيوي كبديل عصري لأحد تطبيقات النحت المعماري.

منهجية البحث:

- يتبع البحث المنهج التحليلي التجريبي.

عناصر البحث (الإطار التنظيري للبحث)

أولاً: الخشب البلاستيكي أو الخشب الحيوي Wood Plastic Composite (WPC)

تعريف:

الخشب الحيوي أو الخشب البلاستيكي هو عبارة عن مركب من خامات متعددة من خليط من مسحوق نشارة الخشب و مخلفات بلاستيكية معاد تصنيعها ينتج عن تلك العملية خشب صناعي مستقر ضد الأشعة فوق البنفسجية و لا يتأثر بالتلف الناتج عن أثر الحشرات أو التعفن كما يمكن أيضاً تصنيع الخشب الحيوي من أية ألياف نباتية طبيعية , حيث يضاف لها خليط من مركبات مختلفة أهمها بوليمرات PVC, PE, PP [1] كمادة خام و مكون تصنيع أساسي إضافة إلى عدد من المركبات الكيميائية الأخرى و التي تختلف نوعاً و كماً من مُصَنِع إلى آخر و هي المركبات الفرعية التي تمنح المنتج النهائي خواصه الفريدة و المتميزة و التي تتفوق على خواص و مميزات الخشب الطبيعي مثل الصبغات الملونة و مواد مقاومة الحشرات و عوامل التحلل و مواد تقوية للألياف و مقاومة الاشتعال و غيرها **[24]** , في عملية انتاج الخشب الحيوي يمكن استعمال طائفة واسعة من الألياف النباتية و التي تشمل (محلياً) نشارة و مسحوق كافة أنواع الأخشاب الطبيعية و لب الثمار مثل لب الذرة الشامية وقشر الفول السوداني و مخلفات تصنيع قصب السكر وقش الأرز **[17]**, و في إحصاء تسويقي تم في عام 2010 م. , و بعد مرور ما يقرب من 30 عاماً على انتاج الخشب الحيوي كان تطور سوق مبيعات الخشب الحيوي عالمياً قد اقترب من 1.5 مليون طن و هو الأمر الذي يعني أن حجم الانتاج من الخشب الحيوي قد شكل معدل النصف تقريباً من مبيعات سوق الخشب عالمياً في تلك الفترة **[16ص/9].**

المصطلح تجارياً :

يطلق على الخشب الحيوي تجارياً اختصار WPC و التي تشير إلى **Wood Plastic Composite** أو مركب الخشب البلاستيكي , كما يطلق عليه تجارياً أيضاً مسميات متعددة مثل:

1. **الخشب البلاستيكي Plastic Wood**
2. **الخشب الحيوي Eco-Wood**
3. **الخشب التقني Technical Wood**
4. **الخشب البيئي Environmental Wood** **[24]**

تطور تاريخي :

قبل الثمانينات من القرن العشرين و تحديداً في العام 1976 يعزى لليابان الفضل في ابتكار منتج الخشب الحيوي **[24]**. و كان انتشاره و استخدامه على نطاق محدود و يرجع ذلك إلى عدم التوافق بين صناعات البلاستيك و الخشب بصفة عامة في تلك الفترة , و كانت أول تجربة صناعية لانتاج الخشب الحيوي في التصميم الداخلي للسيارات و قامت بها شركة Woodstock الأمريكية عام 1983 م. حيث انتجت الشركة دعائم ألواح من الخشب الحيوي باستخدام تقنية حقن إيطالية اعتمدت على خليط من البولي بروبيلين مع مسحوق الخشب بتقنية البثق, و في مطلع التسعينات ابتكرت تقنية إعادة تدوير

[1] - PVC refers to: Polyvinyl Chloride $(C_2H_3Cl)n$
- PE refers to: polyethylene $(C_2H_4)n$
- PP refers to: Polypropylene $(C_3H_6)n$

متقدمة Advanced Environmental Recycling Technology (AERT) بواسطة شركة Trex الأمريكية و التي بدأت بإنتاج قطاعات مصمتة تتكون من 50% من ألياف الخشب مع البولي إيثلين و شملت طائفة واسعة من المنتجات مثل ألواح تكسية الأرضيات و أثاث الحدائق و أرضيات الأغراض الصناعية , و تبعه في نفس الفترة تجربة مؤسسة Strandex الأمريكية لإنتاج أنماط من قطاعات الخشب الحيوي بطريقة البثق في شكلها النهائي دون أية عمليات تشكيل أخرى, و في عام 1991 م. عقد أول مؤتمر متخصص في WPC في ولاية ويسكنسون الأمريكية حيث اجتمع فيه العديد من الباحثين و ممثلي الشركات الصناعية و الصناعة المرتبطة بالغابات للتعاون بينهم و مشاركة الأفكار لتنمية هذه الصناعة , و في عام1993م. بدأت مؤسسة Anderson الأمريكية في تصنيع خشب حيوي باستخدام بوليمر PVC كأساس في عملية التصنيع , ثم في عام 1996 م. قامت العديد من الشركات الأمريكية بتوفير خليط الخشب و الألياف الطبيعية مع البلاستيك (WPC compound) للمصنعين الذين ليس لديهم القدرة أو الرغبة في خلط الخامات معا و بذلك تم توفير تلك الخطوة و تسهيل عملية تصنيع أخشاب WPC , و منذ منتصف التسعينات بصفة عامة نمت تلك الصناعة بشكل مطرد عالميا لاسيما مع التطور التكنولوجي السريع و مع دخول شركات عديدة في هذا المجال و خلق مجال تنافسي في تلك الصناعة , وتراوح معدل نمو الانتاج في السوق الأمريكي فقط من منتجات الخشب الحيوي من 600 ألف طن عام 1995 ليبلغ 1.3 مليون طن في عام 2015م. و هو ما يمثل نسبة 48 % من السوق العالمي , و من المتوقع أن يؤدي نمو الطلب في انتاج الخشب الحيوي اعتماداً على انخفاض تكلفة انتاجه و كونه منتج صديق للبيئة و بديل للبلاستيك و الحديد في التطبيقات الانشائية فإنه يتوقع ان يؤدي إلى إحداث نمو مستمر و مطرد في السوق العالمي. **[4]**.

الخشب الحيوي . الخصائص و المميزات:

فيما يلي أهم خصائص و مميزات منتجات الخشب الحيوي[2]:

المظهر الطبيعي:

نظراً لأن المكون الرئيسي لمنتج الخشب الحيوي هو مسحوق أو نشارة الخشب و هو الأمر الذي يمنحه المظهر الطبيعي للخشب من حيث الملمس و الحبيبات و الرائحة و درجة اللون و ثباته أمام تأثير الأشعة فوق البنفسجية و مقاومة اللون للتلاشي مما يحافظ على المظهر الطبيعي للخشب لأطول فترة ممكنة بعكس الخشب الطبيعي الذي يتدهور لونه و تتغير درجاته مع الزمن خاصة مع التعرض المستمر لأشعة الشمس.

مقاومة عوامل التجوية:

يقاوم الخشب الحيوي عوامل الطقس بشكل جيد و على عكس الخشب الطبيعي و الذي بنسب متفاوتة يتعرض للتفلق و التمدد و والإنحناء و الإلتواء و قد يتشقق بفعل عوامل الطقس مثل الرطوبة العالية و التغيير في الظروف الجوية المختلفة , إلا أن الخشب الحيوي أقل تأثراً بتلك العوامل و يعتبر منتج مضاد لنفاذية الماء و ضد التآكل بفعل الرطوبة , كما أن أبعاده لا تتغير بشكل كبير و مستقرة للتغير الحراري حتى في الظروف الرطبة الحارة .

مقاومة الحشرات و الآفات:

دخول مركب البلاستيك المعاد تدويره في صناعة الخشب الحيوي يمثل حائط صد أمام الأثر المتلف الناتج عن الحشرات مثل النمل الأبيض و ما يتبع ذلك من تحلل بنية الخشب مما ينفي و بشكل قاطع الحاجة للحماية أو العزل السطحي و التدخلات العلاجية التقليدية المختلفة في مثيله من الخشب الطبيعي, إن منتاجات WPC بصفة عامة أقل تأثراً في ظروف الطقس الرطب كما أنها لا تتحلل أو تتعفن مثل الخشب الطبيعي.

[2] - طبقاً لمواصفات منتجات WPC من موقع شركة EVERWOOD للخشب الحيوي كنموذج عالمي.

منتج صديق للبيئة:

تعتبر المكونات الرئيسية للخشب الحيوي هي مسحوق أو نشارة الخشب الطبيعي مع بلاستيك معاد تدويره و إضافات أخرى , الخام الأساسي و هو مسحوق الخشب مصدره عمليات نشر و تجهيز و تصنيع الأخشاب الطبيعية , بينما البلاستيك المعاد تدويره مصدره العبوات البلاستيكية المعاد تصنيعها و التي يتم جمعها لهذا الغرض , و هذان المكونان هما ما يحقق الاستدامة[3] **[29]** لمنتج الخشب الحيوي في المستقبل.

الصيانة المنخفضة:

على النقيض من الخشب الطبيعي الذي يحتاج و بشكل مستمر و دوري إلى المحافظة عليه أمام تأثير عوامل الطقس المختلفة خاصة الأشعة فوق البنفسجية و المطر حيث تصبح في تلك الظروف درجة اللون ثابتة و مستقرة دون الحاجة إلى معالجة أو عزل أو طلاء جديد كما هو الحال في الخشب الطبيعي و يمكن بسهولة أعادة إظهار درجة اللون فقط بالغسل بالماء أو مع استخدام جهاز دفع الرمال الناعمة مع الماء لإظهار الطبقة السفلية من سطح الخشب الحيوي.

التكلفة المنخفضة:

يؤدي الطلب المرتفع على الأخشاب الطبيعية الصلبة إلى تكاليف مرتفعة لا سيما عند استخدام الأنواع عالية الجودة منها و بكميات كبيرة في المشروعات المختلفة إضافة إلى التكاليف المتكررة الناتجة عن ظروف صيانة تلك الأخشاب و التي تجعل التكلفة النهائية مع الزمن باهظة جداً , و نتيجة لكون منتجات الخشب الحيوي أساس تركيبها خامات معاد تدويرها كلياً فإن هذا من شانه جعل المنتج النهائي أكثر فعالية و أقل في التكلفة الإجمالية.

الكثافة و الصلابة:

تقدر الكثافة أو الثقل النوعي[4] **[28]** لأخشاب WPC بضعف أفضل أنواع الأخشاب الطبيعية الصلبة المعروفة و هو ما يجعل منتجات الخشب الحيوي أكثر متانة و صلابة و تحملاً و مقاومة للصدمات, كما تعتبر هي الأفضل من ناحية تحمل قوى الإنحناء و الثقب مقارنة بالأخشاب الطبيعية.

قطاعات منخفضة الوزن:

القطاعات المجوفة لمنتجات WPC أخف وزنا و أكثر صلابة من مثيلاتها من الخشب الطبيعي مما يسمح بسهولة الحمل و الرفع و التشغيل و التركيب في مجالات الأعمال المختلفة لا سيما في المستويات التي تعلو مستوى سطح الأرض و يحقق سهولة التركيب متفوقاً في ذلك على مثيله من الخشب الطبيعي و حتى الحديد و الخامات الأخرى المستخدمة في نفس نوعية التطبيقات.

سهولة التشغيل:

القطع و النشر و الثقب و المسامير و التلوين كلها وسائل تشغيل يمكن تطبيقها على الخشب الحيوي مثله مثل الخشب الطبيعي تماماً مما يجعل عمليات التجهيز و التركيب للأعمال أكثر يسراً و بساطة و من شأنه أن يمنح المرونة و الحرية في عملية التصميم , كما تتميز قطاعات الخشب الحيوي بتوافر أجزاء غير ظاهرة في تصميم القطاعات تتيح تركيب سريع و آمن في التطبيقات المختلفة و توفر ايضاً سهولة الفك و إعادة التركيب مرة أخرى إذا دعت الحاجة لذلك.

---

[3] - الاستدامة - Sustainability : مصطلح بيئي يصف كيف تبقى النظم الحيوية متنوعة ومنتجة مع مرور الوقت. و هي القدرة على حفظ نوعية الحياة التي نعيشها على المدى الطويل وهذا بدوره يعتمد على حفظ العالم الطبيعي والاستخدام المسؤول للموارد الطبيعية.

[4] - الكثافة النوعية - Specific Gravity : (SG) هي النسبة بين كثافة جسم ما (صلب أو مائع) وبين كثافة الماء في درجة حرارة 4 مئوية وتحت 1 ضغط جوي .تعد الكثافة النوعية بلا وحدات. الأجسام التي تزيد كثافتها النوعية عن واحد تعد أكثر كثافة من الماء وإذا تجاهلنا تأثير التوتر السطحي، سوف تغرق في الماء. أما تلك التي تساوي كثافتها النوعية واحد أول أقل فسوف تطفو على سطح الماء.

مرونة التصميم:

تتوافر منتجات اخشاب WPC في مجموعة واسعة من القطاعات المصمتة أو المجوفة و التي تتيح تنوع هائل في حرية التصميم للتطبيقات المختلفة مقارنة بالمنتجات الأخرى لنفس التطبيقات, إن قطاعات WPC يمكن انتاجها وفقاً لطلب العميل لا سيما من ناحية الدرجة اللونية و التشطيب و الشكل النهائي كما يمكن انتاج احجام مختلفة من نفس القطاع اعتماداً على توافر القوالب اللازمة لهذا الغرض و ذلك لتناسب متطلبات التصميم المختلفة مما يقدم أفضل حلول التصميم لمختلف التطبيقات.**[13]**، ويوضح جدول رقم (1) مقارنة بين خصائص الخشب الحيوي مع كل من الخشب الطبيعي و البلاستيك.

جدول رقم (1) مقارنة بين مميزات منتج الخشب الحيوي مع كل من الخشب الطبيعي و البلاستيك

م	المميزات	WPC	Wood	Plastic
1	المظهر و الاحساس الطبيعي للخشب	●	●	
2	صديق للبيئة (قابل لإعادة التدوير)	●	●	●
3	المتانة و قوة التحمل	●		●
4	صيانة محدودة	●		●
5	تغير محدود في الأبعاد بفعل الحرارة	●		●
6	صلابة و كثافة مرتفعة	●	●	●
7	سهولة التشغيل	●	●	
8	مقاومة عوامل الطقس	●		●
9	مقاومة أثر النمل الأبيض و العث	●		●
10	مقاومة التعفن	●		●
11	مقاومة التشقق	●		●
12	مقاومة الإنزلاق	●	●	
13	مقاومة الماء	●		●
14	مقاومة السطوع	●	●	
15	استقرار اللون	●		●
16	قابلية المعالجة السطحية (دهان/ألوان)	●	●	

[14]

الخشب الحيوي . طرق الانتاج:

يتم انتاج الخشب الحيوي عن طريق أنماط مختلفة من تقنيات التصنيع و منها:

1- البثق في القوالب Extrusion Molding

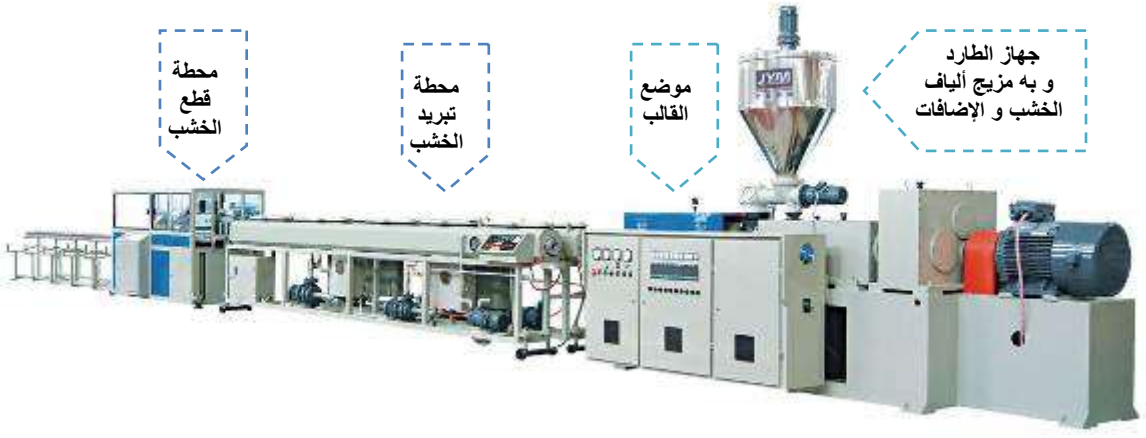
2- الحقن في القوالب Injection Molding

3- التشكيل الحراري بالضغط في القوالب Compression Molding Or Thermoforming

1- التشكيل بالبثق:

تعتبر عملية البثق[5] **[27]** هي جوهر و أساس صناعة الخشب الحيوي و الغرض الأولي من خط البثق هو صهر البوليمر و خلطه مع مسحوق أو ألياف الخشب مع الإضافات المتعددة الأخرى (تختلف من شركة منتجة لأخرى) , والغرض الأساسي من الطارد Extruder هو إذابة البوليمر وخلطه مع الخشب (مسحوق – ألياف نباتية – خشب معاد تدويره .. إلخ) والإضافات المختلفة في العملية و بالإضافة إلى ذلك ، ينقل الطارد المزيج الساخن لألياف الخشب والبوليمر و الإضافات المختلفة مدفوعاً خلال قالب التشكيل للحصول على الشكل المطلوب لقطاع الخشب و بأطوال قد تصل إلى 10 أمتار يتم تبريدها بالتدريج ثم تقطع لاحقاً لأطوال قياسية , و جدير بالذكر أن طريقة البثق هي الطريقة المثالية لانتاج قطاعات ذات أحجام قياسية و بأطوال يمكن تجزئتها للاستخدامات المختلفة كالقضبان و الشرائح و الأنابيب و الألواح, ويوضح الشكل رقم (1) نماذج من قطاعات الخشب الحيوي منفذة بطريقة البثق, أما الشكل رقم (2) فيظهر خط Extruder لتصنيع الخشب الحيوي .

شكل (1) نماذج لقطاعات مختلفة من الخشب الحيوي منفذة بطريقة البثق



شكل (2) خط Extruder لتصنيع الخشب الحيوي

[6/ص16]

[5] - البثق - Extrusion : هي عملية تشكيل صناعي تستخدم لإنتاج أعمدة بمقاطع ثابتة الشكل و بأطوال مختلفة، حيث يتم ضغط المادة المعدنية أو البلاستيكية خلال فوهة البثق (قالب) لها نفس الشكل المقطعي المطلوب. و من أهم مميزات عملية البثق عن العمليات الأخرى قدرتها على إنتاج أشكال مقطعية غاية في التعقيد، كما أنها تنتج منتجات نهائية ذات جودة سطح عالية.

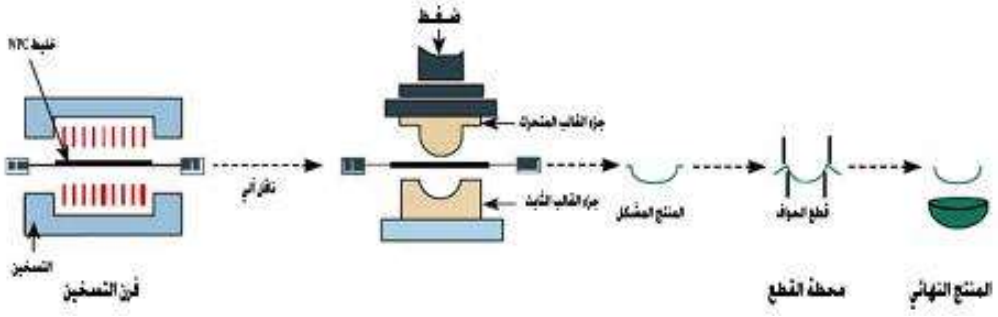
2- التشكيل بالحقن في القوالب:

تستخدم طريقة الحقن في القوالب لانتاج العناصر ثلاثية الأبعاد ذات الأجزاء المعقدة و التي تحوي التفاصيل المركبة و هي واحدة من أسرع طرق الانتاج و تتميز بالانتاجية العالية و هو العامل الرئيسي في خفض تكلفة المنتج النهائي , و طريقة الحقن هي أسلوب شائع جداً و من أقدم أساليب تصنيع المواد المرتبطة بالبوليمرات و صناعة البلاستيك و فيها يملأ جهاز الحقن بالخليط ثم يسخن بحيث يصبح لين قابل للتدفق ثم يدفع من خلال فوهة القالب حيث يتشكل المنتج وفقاً للقالب و عندما يبرد القالب تنفصل أجزائه و يطرد المنتج النهائي منه، ويوضح الشكل (3) نماذج من لخشب الحيوي منفذة بطريقة الحقن.

شكل (3) نماذج من الخشب الحيوي منفذة بطريقة الحقن.

3- التشكل الحراري بالضغط في القوالب: Compression Molding Or Thermoforming

تستخدم طريقة التشكل الحراري مع الضغط عن طريق قالب من المعدن مثبت عليه مزيج الخشب الحيوي وبتسليط أشعة حرارية عليه أو من خلال فرن يتم صهره ثم ينزل غطاء القالب بسرعة على المزيج المنصهر ومن خلال ثقوب في الغطاء يندفع تيار من الهواء الساخن الذي يضغط بدوره على صهير الصفيحة إلى حواف القالب متخذة شكله بينما يتم تسريب أي فقاقيع هوائية محصورة بين الصفيحة وجدران القالب خلال فتحات في القالب نفسه وبعد التبريد يتم إزالة الجزء المشكل ويقطع منه الزوائد كما بالرسم التوضيحي أسفله و تستعمل طريقة التشكل الحراري بالضغط في القوالب بشكل واسع في عملية تصنيع البلاستيك و خاصة أجزاء السيارات الخارجية و الداخلية لانتاج النماذج المركبة معقدة التصميم. ويظهر الشكل (4) مراحل عملية التشكيل الحراري بالضغط في القوالب، أما الشكل (5) فيوضح نماذج متنوعة لمنتجات من الخشب الحيوي وقوالب تشكيلها بالضغط .



شكل (4) مراحل عملية التشكيل الحراري بالضغط في القوالب

شكل (5) نماذج متنوعة لمنتجات من الخشب الحيوي وقوالب تشكيلها بالضغط . [18] [19] [20]

ثانياً: اعتبارات القيمة المضافة في تصميم و إنتاج عناصر النحت المعماري من الخشب الحيوي:

هناك عدد من الاعتبارات التي يمكن اعتمادها كقواعد عامة عند تطبيق و انتاج عناصر نحت معماري من الخشب الحيوي و تشمل:

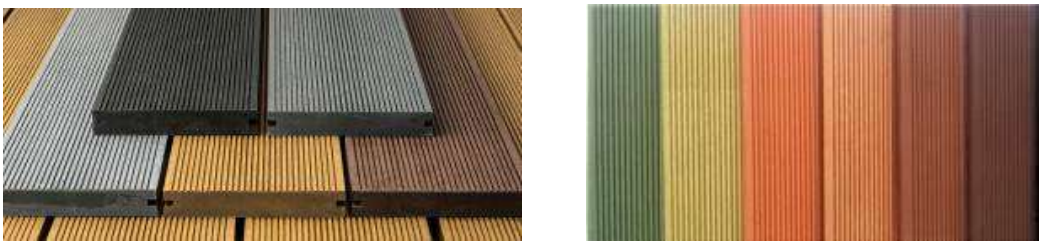
اعتبارات جمالية:

و تشمل ما يلي :

1- اللون:

بينما تنحصر الدرجات اللونية الطبيعية في الخشب الطبيعي في الأغلب بين قيم لونية محدودة إلى حد ما و هو ما يمثل فقر لوني نسبي في الخشب الطبيعي و الذي ربما لا يلبي الحاجة لتطبيق ألوان محددة للتطبيقات المختلفة في استخدام الخشب الطبيعي و يؤدي إلى استخدام اللون كمادة مضافة للخشب الطبيعي بعد تشغيله و هو الأمر أيضاً الذي يؤثر سلباً على قيمته الجمالية و المادية و الشكلية و يحتاج معه الخشب الطبيعي إلى صيانة مستمرة على المدى البعيد و و بالتالي يمثل مشكلة حقيقية في تطبيقات التصميم و هو ما استطاع الخشب الحيوي تلافي ذلك النقص بجدارة حيث إن منتجات الخشب الحيوي تنتج بدرجات لونية خاصة لتلبية احتياجات العملاء و ارضاء الاذواق المختلفة كما أنه يمكن إنتاجها أيضاً بأي درجة لونية متاحة و وفقاً لحاجة المصمم و وفقاً للتطبيق الذي سيتم استخدامها فيه , ويتم اضافة اللون إلى أخشاب WPC على هيئة أصباغ غير عضوية تضاف لخليط تكوين مادة WPC أثناء عملية التجهيز للبثق , و تقدم تلك النوعية من الأصباغ مزايا جيدة حيث تقاوم درجات الحرارة العالية و تكون معها درجات الألوان مستقرة ويوضح الشكل (6) عينات من تلك الأصباغ , كما تقاوم عوامل الطقس المختلفة و لديها مقاومة جيدة ضد إنحلال درجة اللون مع عوامل الزمن و نظراً لأن تلك المكونات اللونية تتواجد في التكوين البنائي لأخشاب WPC فإنه يمكن صيانتها بسهولة في حال التغير الطفيف في درجة اللون بعد فترة زمنية من 8 : 10 سنوات و ذلك عن طريق إزالة طبقة الخشب السطحية حيث تنكشف الطبقة السفلية و فيها درجة اللون كما كانت عند خروج الخشب من المصنع و هو الأمر الذي يحقق أعلى كفاءة و استدامة و يقلل تكلفة إضافة و تكرار تطبيق الألوان عند الحاجة و يقلل تكلفة الصيانة الدورية و يحقق افضل حماية لموارد البيئة. **[17]** . إن ندرة تنوع درجات اللون في الخشب الطبيعي كانت مشكلة حقيقية في عالم التصميم استطاع الخشب الحيوي تلافيها بجدارة حققت انطلاقة و تحرراً فكريا للمصمم على التقليد و القيود , و كما يظهر بالشكل (7) الثراء اللوني الناتج عن التنوع في درجات الألوان التي يمكن تطبيقها على منتجات الخشب الحيوي.

شكل رقم (6) بعض عينات الصبغات اللونية غير العضوية المستخدمة في خلطات أخشاب WPC

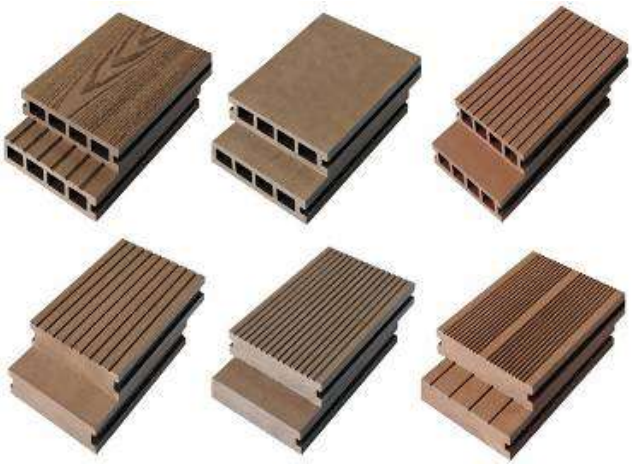


شكل رقم (7) الثراء و التنوع اللوني في منتجات الخشب الحيوي.

[25] [10]

2- الملمس:

بينما يكاد يخل سطح الخشب الطبيعي بعد التجهيز للاستخدام من الملامس فإنه يمكن اضافة عدد من الملامس المتباينة لأسطح قطاعات الخشب الحيوي بتقنيات مختلفة كما يوضح شكل رقم (8) و ذلك عن طريق تقنيات مختلفة :



شكل رقم (8) تنوع الملامس السطحية لمنتجات الخشب الحيوي. **[10]**

و تتنوع طرق تطبيق تلك الملامس على منتجات الخشب الحيوي و ذلك كما يلي:

- إضافة ملامس متنوعة عن طريق الضغط مع الحرارة : Embossing

و يتميز هذا النوع من الملامس بتنوع وافر في أشكاله بداية من شكل قشرة الخشب الطبيعي إنتهاء بالزخارف المختلفة و التصميمات ذات الطابع الخاص و يتم تطبيقه على قطاعات الخشب الحيوي عن طريق ماكينة Embossing Machine و هي عبارة عن ماكينة تحوي اسطوانتين معدنيتين محيط سطحهما أو إحداهما (وفقاً لحاجة التصميم من

تطبيق الملمس على وجه واحد أو وجهين) تحوي التصميم المراد تطبيقه على سطح قطاع الخشب حيث تدور تلك الاسطوانة ببطء أثناء رفع درجة حرارتها بحيث يمر قطاع الخشب بين الاسطوانتين و يتم تطبيق الملمس المطلوب على القطاع المطلوب بالضغط و الحرارة كما بالشكل رقم (9).

شكل رقم (9) ماكينة عمل تجازيع الخشب الطبيعي Embossing Machine

[15]

تحقيق مظهر و ملمس الخشب الطبيعي بالتنعيم والتصقيل :

و الهدف من تطبيق هذا النوع من الملامس هو منح سطح قطاع الخشب الحيوي مظهر بدون تفاصيل قشرة الخشب الطبيعية و يتم تطبيقه على قطاعات الخشب الحيوي عن طريق ماكينة Sanding Machine و هي عبارة عن ماكينة ذات صندوق مغلق تحوي اسطوانات من ورق صنفرة الخشب أو فرشاة/فرش ذات أهداب معدنية تدور بسرعات متفاوتة على محاور مختلفة (حسب موديل الماكينة و نوعها) بحيث يمر قطاع الخشب أسفل هذه الاسطوانات أو الفرش المعدنية فتقوم بإزالة الطبقة السطحية للخشب الحيوي و تنعيمها و صقلها (حسب الحاجة و نوع الماكينة) كما يتصل بالماكينة نظام شفط للغبار الناتج من تلك العملية كما يوضح شكل رقم (10) , (11).

شكل رقم (10) ماكينة التنعيم و الترميل Brushing Sanding Machine

شكل رقم (11) أنواع مختلفة من الفُرَش المستخدمة في ماكينة الترميل ثم توزيع الفُرَش (باللون الأخضر) بأنماط مختلفة [24]

- **طريقة الحز و التجويف من خلال القالب :**

من أكثر الملامس السطحية التي تتميز بها قطاعات الخشب الحيوي تجاويف أو حزوز طولية مختلفة العمق و العرض و العدد وهي ذات تصميمات متنوعة و يتم تطبيقها على سطح قطاعات الخشب الحيوي عن طريق تصميم القطاع حيث يتم تجهيز القالب المعدني لبثق قطاع الخشب بهذه التجاويف مسبقاً وفقاً للتصميم المعد للقطاع ويفضل إستخدامه وظيفيا في الأماكن المرتبطة بإستخدام المياه حيث تستخدم كمجرى للمياه كما بالشكل رقم (12).

شكل رقم (12) أنماط مختلفة من التجاويف بقطاعات الخشب الحيوي

اعتبارات وظيفية:

عمليات القطع و النشر و التفريز و الصنفرة و الثقب والتجميع و اللصق و تثبيت المسامير بالوسائل المختلفة و تطبيق الألوان (بعد عملية الانتاج) جميعها وسائل تشغيل يمكن تطبيقها على الخشب الحيوي مثله مثل الخشب الطبيعي تماماً و ذلك لتعزيز وظيفته مما يجعل عمليات التجهيز و التركيب للأعمال المختلفة أكثر يسراً و أقل كلفة, و من شأنه أيضاً أن يمنح المرونة و الحرية في عملية التصميم و في فكر المصمم , كما تتميز بعض قطاعات الخشب الحيوي بتوافر مكملات تركيب و تثبيت و تعاشيق و أجزاء غير ظاهرة في بنية القطاعات تتيح تركيب و فك سريع و آمن دون ظهور آليات و طرق التثبيت للمستخدم بعد التركيب في الاستخدامات المختلفة مما يمنح الخشب الحيوي خصوصية خاصة في هذا الشأن.

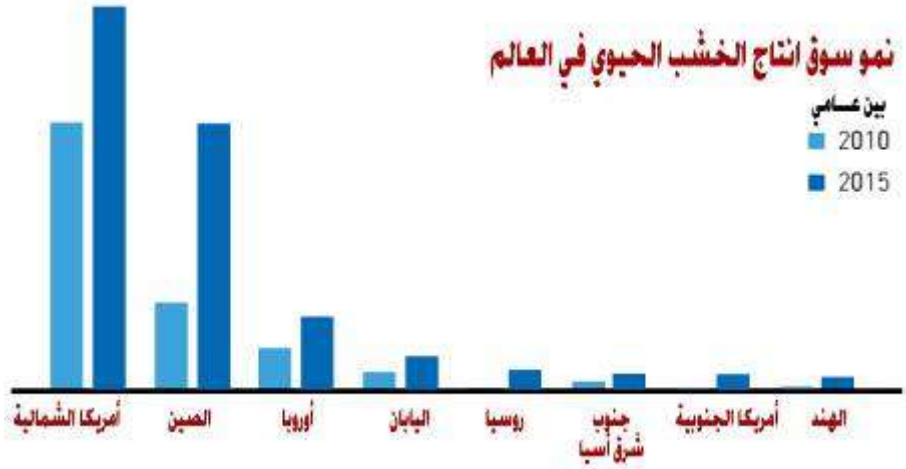
اعتبارات بيئية:

إن منتجات الخشب الحيوي هي مواد صديقة للبيئة و يمكن أن تدخل في مدى غير محدود من التطبيقات المختلفة في العمارة و الصناعة و البناء و صناعة السيارات و تتميز بخصائص ميكانيكية و فيزيائية هائلة و تتركب من مواد أولية يمكن أن تنتج عن إعادة تدوير كل من الخشب الطبيعي و منتجات البلاستيك المختلفة **[2]** , و جدير بالذكر أن الغالبية من منتجات الخشب الحيوي نفسها قابلة لإعادة التدوير بنسبة 100 % بحيث يعاد تصنيعها مرة أخرى كخشب حيوي (تعتمد نسبة التدوير على نوع المركبات الداخلة في تركيبه) و هو الأمر الذي من شأنه أن يوفر اقصى حماية للبيئة المحيطة و البيئة العالمية و بمنظور أعم و أشمل تحقق الاستدامة البيئية من خلال توفير استخدام الطاقة و وقف استنزاف الغابات

الطبيعية لتوفير الأخشاب المتنوعة للاستخدامات المختلفة و في نفس الوقت تخلص بيئة الكوكب بشكل آمن و مفيد من النفايات البلاستيكية واسعة الانتشار بطيئة التحلل و الملوثة للبيئة , ونتيجة للتنوع الوافر من الألياف النباتية التي يمكن أن تكون العنصر الأساسي في مزيج الخشب الحيوي أثناء التصنيع و التي تشمل نشارة الأخشاب و مسحوقها و خرج مصانع الأخشاب و ورش النجارة من الأخشاب المختلفة و الأخشاب القديمة و مخلفات عمليات البناء و الهدم من الأخشاب و ألياف النباتات مثل ألياف نبات قصب السكر من المعاصر ومن مخلفات مصانع السكر و نواتج نبات الذرة الشامية و القشرة الصلبة لنبات الفول السوداني و قش الأرز الذي يسبب مشكلة بيئية بشكل سنوي في مصر نتيجة لحرقه العشوائي للتخلص منه و ما ينتج عنه من تلوث جوي و خطر صحي و بيئي.

اعتبارات اقتصادية:

في عام 2016 م. تم تقييم السوق العالمي لمركبات الخشب الحيوي بمبلغ 2,551 مليون دولار ، ومن المتوقع أن يصل إلى 6,584 مليون دولار بحلول عام 2023، مسجلاً معدل نمو سنوي نسبته 12,6 ٪ من عام 2017 إلى عام 2023 كما يعرض بالجدول رقم (2) و الأشكال رقم (13) , (14), بصفة عامة إن مركبات الخشب الحيوي WPC ونتيجة لتركيبتها الفريدة عن الخشب الطبيعي و التي تحقق لها ميزات اقتصادية هامة مثل خفض تكاليف الطاقة للمنتجين و تقليل التأثير البيئي للمنتج النهائي و توفر تحقيق الاستدامة في الطاقة ، و طول عمر المنتج وتوفير تكاليف التجديد و الصيانة الدورية للمنتجات مما يحقق خفض التكلفة لمجموعة واسعة من التطبيقات الداخلة في الصناعات المختلفة **[12]** , و جدير بالذكر أن صناعة الخشب الحيوي بدأت في فرض نفسها في منطقة الشرق الأوسط (في مصر عام 2011 م. أول مصنع يعمل في هذا المجال بمحافظة المنوفية - مدينة السادات) حيث تنتجه اليوم كل من مصر و جنوب أفريقيا و المملكة العربية السعودية و جمهورية إيران الإسلامية بنسب تصنيع و انتاج متفاوتة و ذلك لخدمة الأسواق المحلية و التصدير الخارجي و هو ما ساعد على خلق أسواق جديدة لهذا المنتج محلياً و إقليمياً و أيضاً أسواق جديدة لقطاع واسع من التطبيقات المختلفة التي يمكن تنفيذها منه وهو الأمر الذي يؤدي إلى خلق فرص عمل متنوعة مما يقلل من نسب البطالة محلياً و اقليمياً , كما شكلت صناعات الخشب الحيوي بشكل غير مباشر قاعدة إمداد تجاري و صناعات مختلفة مرتبطة به مثل صناعات البلاستيك الخام و ملحقات التركيب و التثبيت على اختلاف خاماتها و الصناعات المرتبطة بالإضافات المختلفة التي تضاف للمزيج أثناء عملية التصنيع لتشكل بنية الخشب الحيوي فيما بعد و تمنحه خواصه المتميزة.



شكل رقم (13) مخطط نمو انتاج السوق العالمي من أخشاب WPC فيما بين عامي 2010 : 2015 م.

جدول رقم (2) حجم نمو انتاج السوق العالمي من أخشاب WPC فيما بين عامي 2010 : 2015 م.

	مكان الانتاج	حجم الانتاج بالطن عام 2010 م.	حجم الانتاج بالطن عام 2015 م.	نسبة المشاركة العالمية 2015 م.
1	أمريكا الشمالية	900000	1300000	% 48
2	الصين	300000	900000	% 33
3	أوربا	150000	250000	% 9
4	اليابان	6000	12000	% 4
5	روسيا	10000	70000	% 3
6	جنوب شرق أسيا	30000	55000	% 2
7	أمريكا الجنوبية	10000	50000	% 2
8	الهند	5000	40000	% 1
	اجمالي الانتاج	**1450000**	**2695000**	

[18]

شكل رقم (14) حجم مساهمة صناعات الخشب الحيوي في الاستخدامات المختلفة عالمياً. فيما بين عامي 2010 : 2015 م.

[16]

ثالثاً: النحت المعماري:

الطراز المعماري هو مجموع يتكون من أجزاء تختلف في شكلها و وظيفتها و تعريفها لكنها تتناسق جميعاً فيما بينها في سيمفونية شكلية واحدة و تتصل معاً و كأنها بنيان واحد لتشكل في النهاية كيان متميز مبتكر يثبت دعائم البناء المعماري و يمنحه شخصيته , و يطلق مصطلح طراز Style أو Order في العمارة على البناء لتعريف شخصيته و لتمييزه من حيث الشكل . وتنوعت الطرز المعمارية عبر التاريخ الإنساني من عصر لأخر و من حضارة لأخرى من حيث الشكل و الخامات و التوظيف و كان فن النحت لاعباً أساسياً في صياغة هوية الطراز و من ثم هوية العمارة وذلك من خلال عناصر النحت المعماري التي شكلت أجزاء الطرز المعمارية المختلفة و منحتها قيمتها الجمالية و الشكلية , و تبقى اشهر تلك الطرز و أقربها للعين و الذاكرة هي الطرز المعمارية الكلاسيكية الغربية و التي نشأت في حضارات اليونان ثم روما القديمة ربما لأنها انتشرت في مساحة واسعة من العالم القديم آنذاك و لا زالت تستخدم في تجميل و منح العمارة شخصيتها حتى الأن, و عناصر الطراز اليوناني الأيوني هي موضع التطبيق في هذا البحث. [1]

الطرز المعمارية الكلاسيكية: [27]

أولاً : الطرز المعمارية اليونانية:

- **الطراز الدوري Doric order :** وهو ابسط انماط الأعمدة، ومكون من اسطوانة غير متجانسة حيث أن مساحة الدائرة السفلية للاسطوانة أكبر من مساحة الدائرة العلوية و تاج بسيط.
- **الطراز الايوني Ionic order :** نسبة لمدينة لونيا -ازمير- و يشبه الطراز الدوري شكلاً , لكنه يتميز بتاجه المزخرف.
- **الطراز الكورنثي Corinthian order :** نسبة لمدينة كورنثا في اليونان.وهو أكثر تعقيداً من سابقيه و تاجه أكثر تعقيداً على هيئة زخارف نباتية.

ثانياً : الطرز المعمارية الإيطالية (روما القديمة): و يمكن تمييز طرازين في تلك الحقبة وهما:

- **الطراز التوسكاني Tuscan order :** و هو بسيط جدا ويشابه الطراز الدوري ,لكن الفرق في قاعدة العمود.حيث أن القاعدة في الطراز التوسكاني اسطوانية.ولا توجد زخارف في هذا الطراز .
- **الطراز المركب Composite order :** وسمي بالمركب لأنه مركب من الطراز الكورنثي والايوني . حيث أن شكل تاج العمود مكون من قسمين سفلي من زخارف الطراز الكورنثي و علوي من طراز العمود الأيوني.

كما يوضح الشكل رقم (15) أ, ب , نماذج الطرز المعمارية الكلاسيكية الغربية الخمسة. **[22]**

(ب) **(أ)**

شكل رقم (15) الطراز المعمارية الخمسة (الترتيب من اليسار لليمين) , ثم تفاصيل تيجان الأعمدة.

اعتبارات تصميم و انتاج عناصر من النحت المعماري منفذة من منتج الخشب الحيوي:

يمكن إنتاج كافة عناصر النحت المعماري بأحجام و أشكال مختلفة من منتج الخشب الحيوي و ذلك في حال توافر قوالب التشكيل المختلفة بالبثق أو الحقن , مع **مراعاة الاعتبارات التالية**:

1. تختلف طريقة انتاج عناصر النحت المعماري من مركب الخشب الحيوي وفقاً لحجمها و شكلها و التفاصيل بها.
2. يمكن تجزئة عنصر النحت المعماري الواحد إلى أجزاء متعددة كلٌ له قالب خاص و ربما طريقة انتاج مختلفة , ثم تجمع لاحقاً عند التركيب بآلية محددة و ذلك لتحقيق مرونة التنفيذ و التثبيت.
3. تثبيت العنصر النحتي المنتج من الخشب الحيوي يحتاج إلى تصميم قطاعات تثبيت خاصة (علفات) و الوضع في الاعتبار تصميم نقاط اتصال بينها و بين العنصر النحتي و نقاط تثبيت على الجدار و ذلك لضمان جودة الشكل بعد التثبيت و إخفاء وسائط التثبيت و تيسير عملية التجهيز و التثبيت.
4. لون العنصر النحتي المنتج من الخشب الحيوي يتم اختياره مسبقاً ليتم تجهيزه و إضافته للمزيج أثناء البثق أو الحقن بحيث لا يطبق عليه لاحقاً و يتميز بدرجات ثبات و مقاومة عالية للتغير نتيجة الضوء و الحرارة و عوامل التجوية.

5. يجهز مسحوق (بدرة) من من الخشب الحيوي من نفس الدرجة اللونية سابقة التجهيز لتطبيقها مع الغراء في إغلاق الفراغات بعد التثبيت (تلقيط).

6. قوالب تشكيل منتجات الخشب الحيوي هي سبائك خاصة من الصلب معقدة التكوين تُصنع لتتحمل درجات الحرارة العالية و الاستخدام الصناعي المتكرر.

7. قوالب تشكيل منتجات الخشب الحيوي ذات أثمان باهظة و تتضاعف قيمتها المادية وفقاً لحجم العنصر و كم التفاصيل به , و لهذا يجب دراسة الجدوى الاقتصادية جيداً عند وضع خطة انتاج عناصر من النحت المعماري من منتج الخشب الحيوي.

8. تُستورد قوالب تشكيل منتجات الخشب الحيوي من الخارج من مصانع متخصصة و تحتاج إلى عناية و صيانة دورية لضمان استمرارية عملها بكفاءة لكنها تحقق إنتاج كمي فائق الجودة و على نطاق واسع.

رابعاً: الدراسة التجريبية:

يفترض البحث ضرورة حل الواجهة الافتراضية المبسطة التالية شكل رقم (16) من خلال أحد الطرز الكلاسيكية سابقة الذكر و هو الطراز الأيوني مع ضرورة تصميم و انتاج عناصر الواجهة الرئيسية من منتج الخشب الحيوي :

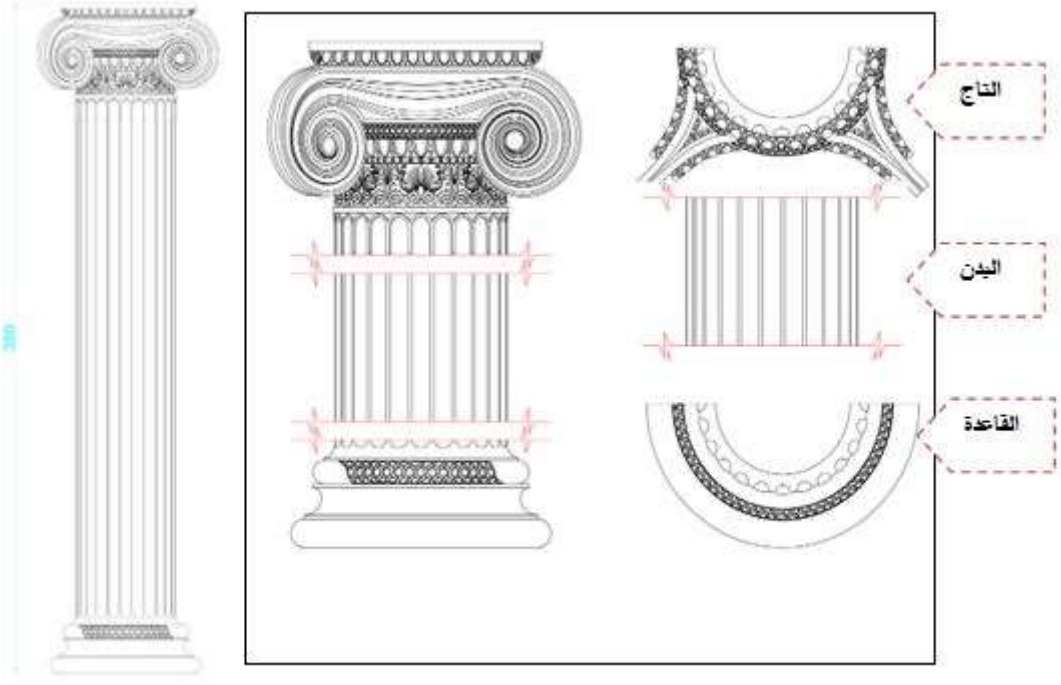
شكل رقم (16) الواجهة الافتراضية

الحل: وضع تصميم مبسط متماثل لتكسية الواجهة من قطاعات مختلفة من الخشب الحيوي (علب بارزة عن الجدار) و كان أهم عناصرالتصميم الرئيسية هو كورنيش علوي يمثل تاج الواجهة وهو كورنيش مستوحى من عمود التاج الأيوني (البيضة و الحربة) , ثم أربعة أعمدة من الطراز الأيوني (نصفية تكرارية) و غير مسلوبة لدواعي الانتاج الكمي, و التي يجب وضع خطة تصميم و انتاج خاصة لتنفيذها و تنفيذ كورنيش التاج العلوي كما سيأتي لاحقاً. و بعد تحليل تلك العناصر و أجزائها و ارتباطها معاً الجزء بالكل يتم تشكيلها نحتياً بالطرق المختلفة ثم يجهز لكل منها قالب / قوالب (حسب حاجة التصميم) صناعية من سبائك الصلب المخصص لانتاج الخشب الحيوي كما بالشكل رقم (17).

شكل رقم (17) الحل الافتراضي للواجهة السابقة.

تصميم أجزاء إنتاج العمود:

يتكون نصف العمود الأيوني المقترح للواجهة السابقة من **تاج** ثم رقبة ثم **بدن** ثم **قاعدة** و بدون كرسي كما في أصل الطراز و ذلك لدواعي الانتاج , حيث يتم تصميم التاج لينتج بطريقة الحقن في القالب و ذلك لكونه كتلة محددة منتهية و لاحتوائه على تفاصيل معقدة , ثم يتم تصميم البدن غير مسلوب لكي ينتج بطريقة البثق في أطوال و يتم تقطيعه وفق الحاجة , و بنفس طريقة انتاج التاج يتم تصميم القاعدة لتنتج بطريقة الحقن في القالب و ذلك ايضاً لكونها كتلة محددة منتهية و لاحتوائها على تفاصيل كما يوضح شكل رقم (18).



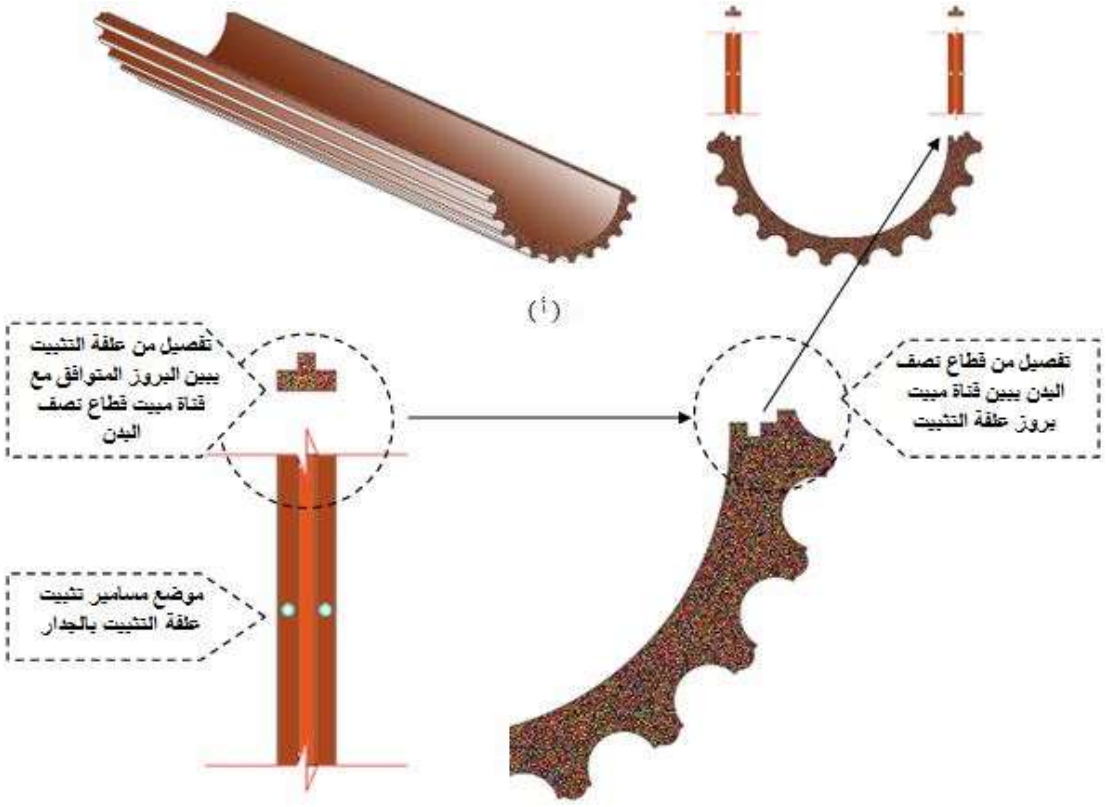
شكل رقم (18) العمود الأيوني موضع الحل الافتراضي للواجهة السابقة و تفاصيل أجزائه.

تفاصيل تصميم و إنتاج بدن العمود:

يتم تصميم نصف بدن العمود الأيوني المقترح للواجهة السابقة غير مسلوب و نهايتي خشخانه مفتوحة و ذلك لكي ينتج بطريقة البثق في أطوال تختلف حسب طول خط الانتاج في المصنع و قدرة الباثق و أبعاد العمود , و ربما تصل أطوال خط الانتاج في بعض المصانع إلى 10 أمتار و تحتاج لتجهيز خاص للتبريد و القطع و التخزين , ثم يتم تقطيعه على خط الانتاج و بعد تبريده فوراً وفقاً لأطوال قياسية تحددها طبيعة سوق العمل, و يراعى في تصميم قطاع بدن العمود تصميم قناة مبيت أو أكثر في نهايتيه عند موضع اتصاله بالجدار بحيث يكون هذا المبيت منخفض عن الخط الأفقي لنهاية البدن بمقدار أبعاد العلفة بحيث تصبح غير ظاهرة للعين تماماً عند التثبيت , كما يراعى في المبيت أن يكون بأبعاد مناسبة تتناسب طردياً مع حجم العمود, و بحيث يتوافق هذا المبيت قياساً مع بروز في علفة التثبيت .

علفة التثبيت Substructure Unit:

تصمم علفة تثبيت خاصة تتوافق مع كل أجزاء العمود الأيوني المقترح للواجهة السابقة و ابعاده و كتلته , و تنتج العلفة بطريقة البثق في أطوال مختلفة بحيث تحتوي على قناة مبيت لبروز متوافق معها قياساً في قطاع جزء العمود, ثم يتم تقطيعها على خط الانتاج و بعد تبريدها فوراً وفقاً لأطوال قياسية تحددها طبيعة سوق العمل , ثم حاجة العميل لاحقاً , و يراعى في تصميم علفة التثبيت أن تكون قوية مصمتة (غير مفرغة) و ذات أبعاد مناسبة تتناسب طردياً مع ابعاد الجزء الحاملة له , حيث يتم تثبيت العلفة على الجدار بمسامير برمة وفقاً للتصميم ثم يتم تثبيت جزء العمود عليها بالضغط بحيث يدخل بروز جزء العمود في قناة المبيت بالعلفة وبهذا تثبت أجزاء العمود بالجدار بشكل غير مباشر و تصبح العلفة وسيط تثبيت غير ظاهر كما يوضح الشكل رقم (19).

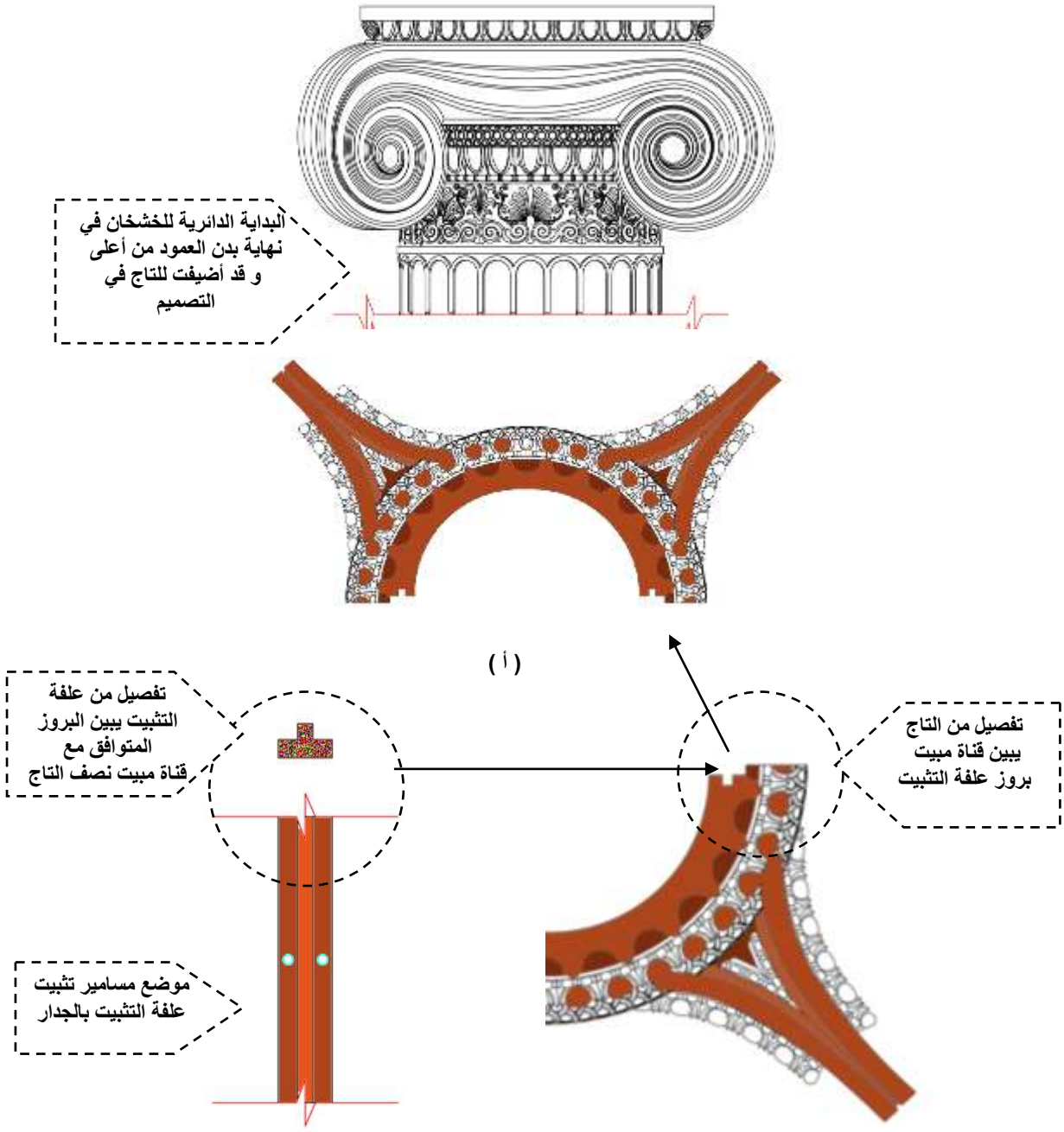


(ب)

شكل رقم (19) نموذج تصميم نصف بدن العمود الأيوني من الخشب الحيوي.
(أ) تصميم قطاع نصف بدن العمود بطريقة البثق لكل من البدن و علفة التثبيت للحصول على أطوال ,
(ب) تفصيل من (أ).

تفاصيل تصميم و إنتاج نصف تاج العمود:

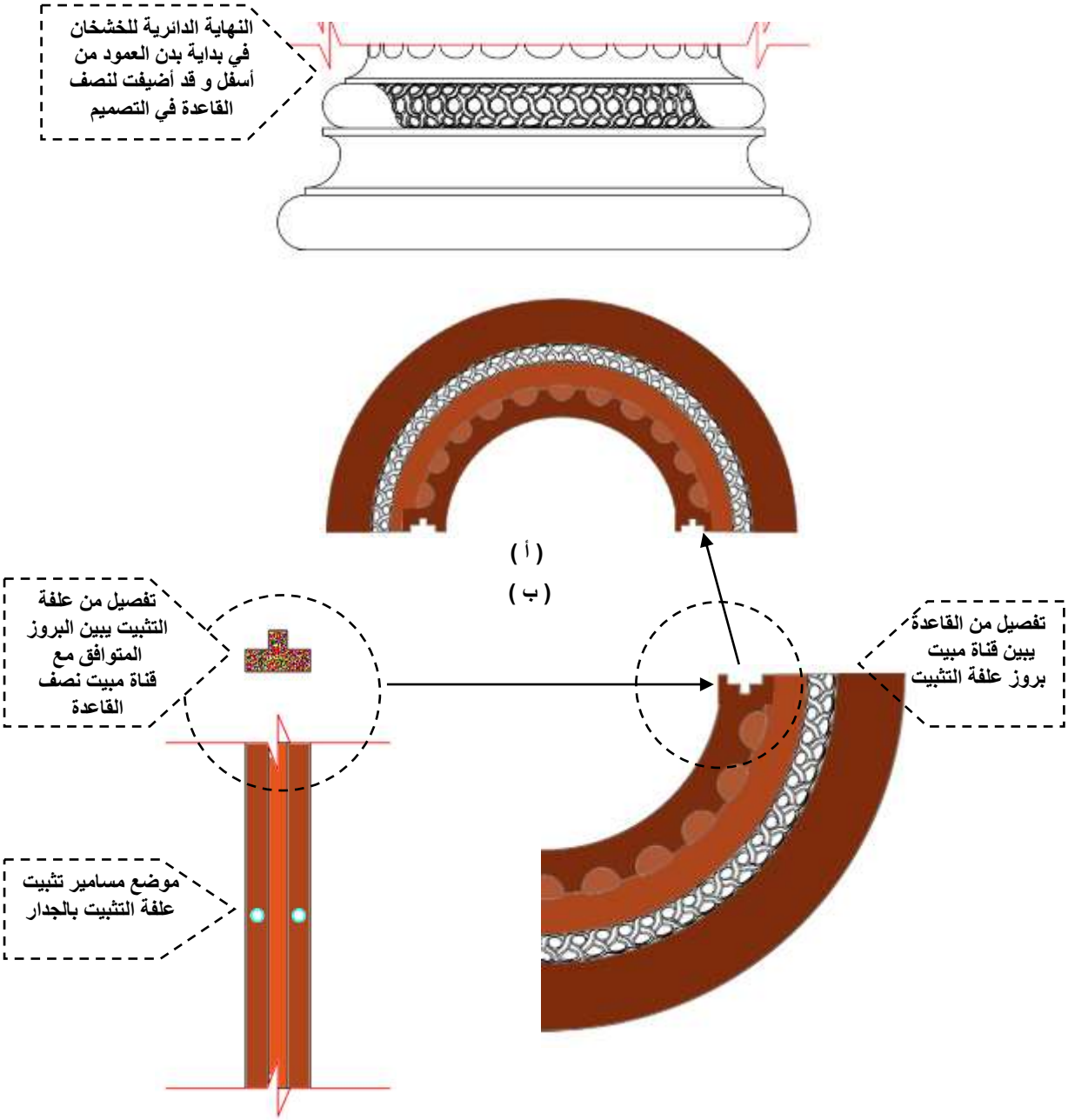
يتم تصميم نصف تاج العمود الأيوني المقترح للواجهة السابقة بطريقة الحقن في القالب الحراري , حيث إن التاج يمثل قطعة واحدة منتهية تحوي زخارف معقدة لا يصلح إنتاجها إلا بهذه الطريقة , يصمم التاج بحيث ينتج مفرغاً من الخلف لخفض تكلفة الانتاج و لتقليل وزن المنتج و توفير المادة الخام و المصادر الأولية و تحقيق سهولة التداول و النقل و التثبيت , مع الأخذ في الاعتبار في عملية التصميم دمج النهاية الدائرية للخشخان في نهاية أعلى بدن العمود مع رقبة التاج لينتج التاج مع الرقبة كقطعة واحدة ثم يلتحم مع البدن لاحقاً عند التثبيت , كما يراعى أيضاً في تصميم تاج العمود تصميم قناة مبيت أو أكثر في نهايتيه عند موضعي اتصاله بالجدار تتفق قياساً مع بروز علفة التثبيت سابقة الذكر (وفقاً للشرح السابق) و كما يوضح الشكل رقم (20).



شكل رقم (20) نموذج تصميم نصف تاج العمود الأيوني من الخشب الحيوي.
(أ) تصميم قطاع نصف تاج العمود بطريقة الحقن في القالب الحراري ,
(ب) تفصيل من (أ).

تفاصيل تصميم و إنتاج نصف قاعدة العمود:

يتم تصميم نصف قاعدة العمود الأيوني المقترح للواجهة السابقة بنفس طريقة تصميم و انتاج التاج عن طريق الحقن في القالب الحراري , حيث إن القاعدة مثلها مثل التاج قطعة واحدة منتهية و تحوي زخارف معقدة لا يصلح إنتاجها إلا بهذه الطريقة , تصمم القاعدة أيضاً بحيث تنتج مفرغة من الخلف لنفس الاعتبارات السابقة في تصميم و انتاج التاج, مع الأخذ في الاعتبار في عملية التصميم دمج النهاية الدائرية للخشخان في بداية أسفل بدن العمود مع تصميم القاعدة لينتجا معاً كقطعة واحدة ثم تلتحم مع البدن لاحقاً عند التثبيت , كما يراعى أيضاً في تصميم القاعدة العمود (كما تم بالتاج) تصميم قناة مبيت أو أكثر في نهايتيها عند موضعي اتصالها بالجدار تتفق قياساً مع بروز علفة التثبيت سابقة الذكر كما بالشكل رقم (21) و (وفقاً للشرح السابق) .



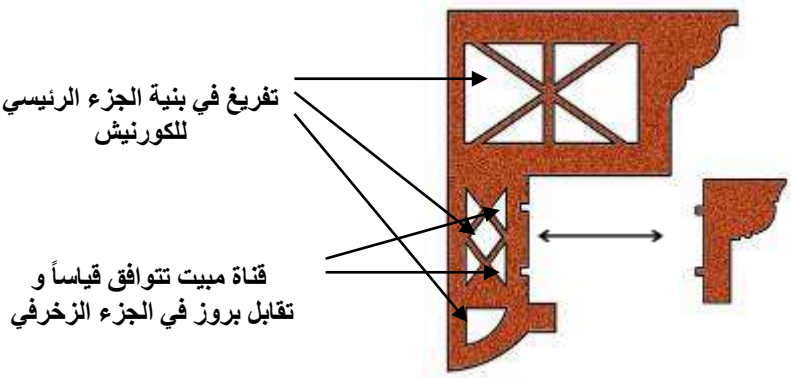
شكل رقم (21) نموذج تصميم نصف قاعدة العمود الأيوني من الخشب الحيوي.
(أ) تصميم قطاع نصف قاعدة العمود بطريقة الحقن في القالب الحراري ,
(ب) تفصيل من (أ).

تفاصيل تصميم و إنتاج كورنيش الواجهة الرئيسي:

يحتاج تصميم الكورنيش الرئيس المقترح للواجهة إلى ترتيب خاص حيث يتكون الكورنيش من أجزاء مسطحة و أخرى تحتوي على زخارف نحتية معقدة , و يمكن تصميم الكورنيش بحيث يتم تجزئته إلى قطاعين هما و كما يتضح من الأشكال (22) و (23):

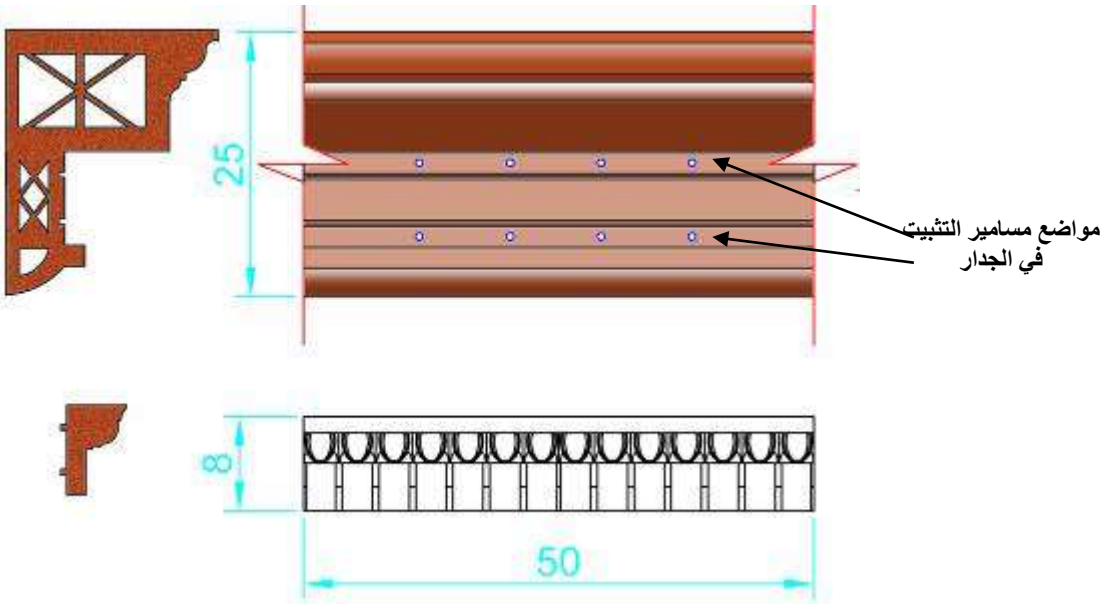
- **الأكبر (أ)** يتم تصميمه بحيث ينتج بطريقة البثق و يكون مفرغاً في بعض بنيته الداخلية لخفض تكلفة الانتاج و لتقليل وزن المنتج النهائي و توفير المادة الخام و المصادر الأولية و تحقيق سهولة التداول و النقل و التثبيت كما يراعي في تصميمه عمل قناة مبيت أو أكثر وفقاً لحجم و أبعاد الكورنيش في اتجاه الجزء الأصغر الزخرفي (ب) ليتم تثبيته فيه لاحقاً بالضغط بعد تركيب الجزء الرئيسي على الجدار بالمسامير البرمة , و ينتج في أطوال يتم تجزئتها وفقاً لقياسات السوق و التداول.

- **الأصغر (ب)** الذي يحوي الزخارف النحتية يتم تصميميه بحيث ينتج بطريقة الحقن في القالب الحراري, و هي طريقة الانتاج المناسبة للعناصر الزخرفية و يتم انتاجه في أطوال قياسية مع مراعاة أن يكون مصمتاً لا يحوي فراغات , , مع الأخذ في الاعتبار في عملية التصميم تصميم بروز مناسب من الخلف في اتجاه الكورنيش الرئيسي بحيث يقابل قناة المبيت فيه و يتم تثبيته في جزء الكورنيش الأساسي بالضغط حيث ينزلق البروز في قناة المبيت المقابلة لها.



الجزء الزخرفي (ب) - الجزء الرئيسي (أ)

شكل رقم (22) قطاع رأسي في تصميم أجزاء كورنيش الواجهة الرئيسي.



شكل رقم (23) مسقط رأسي لتصميم أجزاء كورنيش الواجهة الرئيسي.

اعتبار تصميم هام:

يمكن انتاج أنماط زخرفية مختلفة و بدرجات ألوان و عمليات تشطيب مختلفة لكن بنفس المواصفات القياسية من الجزء **(ب)** حيث تعتبر بدائل تصميم متعددة لنفس وحدة الكورنيش **(أ)** بحيث يختار المصمم أو العميل النمط الزخرفي الملائم له.

العمود الأيوني , المنتج النهائي:

شكل رقم (24) أجزاء نصف العمود / ثم نصف العمود الأيوني مجمعاً, مع التبسيط و بعد تشكيله (افتراضياً) من الخشب الحيوي.

الكورنيش الرئيسي , المنتج النهائي:

شكل رقم (25) أجزاء الكورنيش الرئيسي / ثم الكورنيش الرئيسي مجمعاً, بعد تشكيلها (افتراضياً) من الخشب الحيوي.

الواجهة الافتراضية بعد حلها بعناصر النحت المعماري من الخشب الحيوي:

بعد تحليل و تصميم وانتاج عناصر النحت المعماري ثم قوالب سبائك الصلب لتشكيل الخشب الحيوي لها و مرورها بكافة مراحل الانتاج و التشطيب و تركيبها كما سبق ذكره , تم حل الواجهة افتراضياً كما هو مبين بالشكل التالي:

شكل رقم (26) الواجهة السابقة بعد حلها بعناصر من النحت المعماري (افتراضياً) بالترتيب السابق من خام الخشب الحيوي.

شكل رقم (27) الواجهة السابقة قبل / و بعد الحل الافتراضي.

نتائج البحث:

- الخشب الحيوي منتج صناعي , أُنتِج في اليابان في فترة السبعينات من القرن العشرين.
- الخشب الحيوي منتج صناعي يتكون من مزيج من ألياف الخشب/النبات مع بوليمرات مختلفة و إضافات متعددة.
- الخشب الحيوي يتفوق في خواصه على الخشب الطبيعي و يتلافى عيوبه.
- الخشب الحيوي منتج قابل لإعادة التدوير.
- الخشب الحيوي منتج صناعي صديق للبيئة.
- الخشب الحيوي منتج يحقق الاستدامة.
- طريقة إنتاج الخشب الحيوي بطريقة البثق تناسب العناصر التي تتطلب أطوالاً مختلفة و لا تحوي زخارف أو أجزاء مركبة أو معقدة.
- طريقة إنتاج الخشب الحيوي بالحقن في القالب الحراري تناسب العناصر المعقدة ذات التفاصيل و الزخارف.
- السوق العالمي لتجارة الخشب الحيوي ينمو بمعدل زيادة مرتفع سنوياً.
- السوق المحلي و الإقليمي للخشب الحيوي في حاجة إلى التوسع في توطين تلك الصناعة لتحقيق نمو اقتصادي.
- صناعة الخشب الحيوي بمصر محدودة (شركة و مصنع واحد فقط ,حتى تاريخه).
- عناصر النحت المعماري هامة جداً للعمارة فهي التي تمنح البناء هويته (في الطراز) و جماله الشكلي.
- لا يمكن انتاج جميع عناصر النحت المعماري من منتج الخشب الحيوي بطريقة واحدة.
- قد يتطلب انتاج عنصر نحت معماري واحد أكثر من قالب و أكثر من طريقة انتاج لتنفيذه.
- قوالب تشكيل منتج الخشب الحيوي مرتفعة التكلفة و لا يتم انتاجها محلياً.

التوصيات:

يوصي البحث بما يلي:

- التوسع في توطين صناعة الخشب الحيوي بمصر (لا سيما أن مصر بلد غير منتج للأخشاب الطبيعية) مما سيحقق فوائد مختلفة منها:

1. وضع مصر على الخريطة العالمية لسوق الخشب الحيوي.

2. تحقيق عائد اقتصادي مرتفع نتيجة التصدير الإقليمي و الدولي.

3. الحفاظ على البيئة عن طريق التخلص الآمن من ألياف بعض النباتات (قش الأرز) في مزيج الخشب الحيوي.

4. الحصول على وفرة من الأخشاب و تقليل نسب الاستيراد في السوق الداخلي.

5. توفير فرص عمل متعددة بشكل مباشر و غير مباشر.

6. انشاء و توطين صناعات أخرى مرتبطة بصناعة الخشب الحيوي بشكل مباشر أو غير مباشر.

7. تغيير شامل في الفكر التصميمي المرتبط بتطبيقات الخشب في المجالات المختلفة.

- السعي نحو انتاج سبائك الصلب التي تستخدم في عمل قوالب تشكيل الخشب الحيوي محلياً لخفض تكلفتها و عدم استيرادها و بالتالي خفض تكلفة و سعر بيع المنتج النهائي .
- الانتاج الفعلي لعناصر من النحت المعماري من الخشب الحيوي لإضافة خواصه الفريدة كقيمة مضافة للنحت المرتبط بالعمارة بصفة خاصة.
- مزيد من الدراسات التطبيقية المتخصصة التي تربط الفن بالصناعة و تخدم المجتمع و تحقق مردود اقتصادي.

مراجع البحث

أولاً المراجع العربية:

1) **عبد الحفيظ , ماهر علي**: *" خامات و تقنيات النحت المعماري في ضوء مستجدات العمارة الحديثة "* , رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم النحت و التشكيل المعماري و الترميم ,كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، 2002م.

Abdul Hafeez, Maher Ali *, "Khamat wa Tekniat Al-Naht Al-Memary fi Dhowe Mostagaddat Al-emara Al-Haditha*", Resalat Majester , kesm Al-Naht wa Al-Tashkeel Al-Memary wa Al-Tarmeem , Koliat Al-Fonon Al-Tatbikiah, Gameat Helwan, 2002.

ثانياً المراجع الأجنبية:

2) **Azeez,Ahmed Taifor**:*A Review of Wood Plastic Composites effect on the Environment, Manufacturing Engineering Department*, Faculty of Engineering, Koya University, Journal of Babylon University,Engineering Sciences, No.(2)-Vol.(25), 2017.

3) **Englund, M. P.-K.**: *A Technology Review of Wood-Plastic Composite*. Washington DC. Pullman: Washington State University. (1990).

4) **Dac, H. D.**: *Wood plastic composite . a brief history*.2016.

5) **Douglas J. Gardner**: *Extrusion of Wood Plastic Composites*, Advanced Engineered Wood Composites Center, University of Maine, Orono, Maine, 2010.

6) **Douglas J. Gardner ,Yousoo Han & Lu Wang**:*Wood Plastic Composite Technology*, Article Published online: 4 June 2015.

7) **Janusz Crabara**: *The modern methods of wood security and threats for humans and environment*, Faculty of Management, Czestochowa University of Technology, Annals of Warsaw University of Life Sciences, 2013.

8) **John Schwarzkopf,Matthew and Michael David Burnard**:*Wood Plastic Composites Performance and Environmental Impacts*, Springer Science Business Media, Singapore 2016.

9) **Carus,Michael**:*Global Trends in Wood-Plastic Composites (WPC)*, Asta Eder Composites Consulting, Vienna, Austria, nova-Institut, Hürth, Germany, bioplastics magazine [04/13] Vol. 8.,2013.

ثالثاً مواقع على شبكة الانترنت:

10- Alibaba. (2017). Zhejiang Kejie New Material Co., Ltd. https://www.alibaba.com/product-detail/free-sample-composite-wood-decking-fireproof_60338794354.html, Retrieved 12 03, 2017

11- Dwivedi,Dheeraj,"Alliedmarketresearch",https://www.alliedmarketresearch.com/wood-plastic-composite-market. Retrieved 20 03, 2017

12- Everwood. (2017, 10 27). wpc features. 2017,http://www.everwoodwpc.com/features/. Retrieved 10 27

13- Everwood. (2017, 10 23). Why everwood?, http://www.everwoodwpc.com/why-everwood/. Retrieved 10 23, 2017

14- https://www.google.com.eg/imgres/embossing-machine, Retrieved 12, 2017

15- Grand View Research (2018, 08) ,https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/wood-plastic-composites-market. Retrieved 10, 2018

16- Chemistry, L. E. (2017). Wood-Plastic composites coloring with performance pigments. https://www.lanxess.com, Retrieved 12 03, 2017.

17- Omnexus. (2017, 10 21). Wood-Plastic Composites (WPC) - Global Overview: https://omnexus.specialchem.com/tech-library/article/global-trends-in-wood-plastic-composites-wpc, . Retrieved 10 21, 2017.
18- https://www.pinterest.com/pin/497858933781938019, Retrieved 17 11, 2018.
19- https://www.pinterest.com/pin/441423200962195634, Retrieved 17 11, 2018.
20- https://link.springer.com/article/10.1007/s40725-015-0016-6 , Retrieved 17 11, 2018.
21- https://static.vecteezy.com/system/resources/previews/000/120/270/non_2x/vector-roman-pillar-evolution.jpg. , Retrieved 10, 2018.
22- http://uvamagazine.org/articles/do_you_know_your_columns, Retrieved 10, 2018.
23- http://woodmasterdrumsandersblog.com/2015/05/how-to-make-laminated-wiggle-canes-with-a-woodmaster-drum-sander, , Retrieved 11, 2018.
24- Bencomp. (2017, 10 21).: http://www.wpcromania.ro/en/wpc.html, Retrieved 10 21, 2017.
25- https://www.wpc-decking.co.uk
26- https://ar.wikipedia.org/wiki/(إنشاء)_عمود - Retrieved 11, 2018.
27- https://en.wikipedia.org/wiki/Extrusion, Retrieved 09, 2018.
28- https://en.wikipedia.org/wiki/Specific_gravity, Retrieved 09, 2018.
29- https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainability, Retrieved 09, 2018.
30- https://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene, Retrieved 09, 2018.
31- https://en.wikipedia.org/wiki/Polypropylene, Retrieved 09, 2018.
32- https://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_chloride, Retrieved 09, 2018.