إنتاج زجاج نصف شفاف ذاتي التنظيف واستخدامه في إعادة صياغة واجهات محطة أتوبيس الترجمان بالقاهرة

أ.د. هناء القزاز

أستاذ تصميم الزجاج المعماري ورئيس قسم الزجاج– كلية الفنون التطبيقية– جامعة حلوان

أ.م.د. محمد رجب

أستاذ مساعد – قسم بحوث الزجاج– المركز القومي للبحوث.

مصمم منار محمد

مصمم فنون تطبيقية– حي شرق مدينة نصر– محافظة القاهرة.

الملخص:

أُنتِج معملياً في هذا البحث زجاج نصف شفاف ذاتي التنظيف عديم اللون باستخدام طريقة (Sol Gel) السول جيل ، وقد تم إنتاج عدد 15عينة عديمة اللون مقاس العينة 75×25 مم ، وقد تم فحص العينات عديمة اللون ناتج البحث بالميكروسكوب الإلكتروني (SEM) ، وقياس زاوية التماس (contact angle measurements) وتم مناقشة النتائج في جداول بمتن البحث، كما تم عمل فكرتين تصميميتين لإعادة صياغة الواجهة المعمارية لميناء القاهرة البري (محطة الترجمان) مع مراعاة الطراز المعماري للمحطة وهو المصري القديم ، وقد استخدم في الفكرتين التصميميتين الزجاج ذاتي التنظيف وزجاج الخلايا الشمسية ناتجا البحث لتتحول محطة الترجمان إلى محطة صديقة للبيئة (8) مراجع.

كلمات دالة: زجاج ذاتي التنظيف– إعادة صياغة واجهات– محطات الأتوبيس.

Producing translucent self cleaning glass and its use in rephrasing architectural glass façades

Prof.Dr. Hanaa EL Kazazz[1]

Prof.Dr. Architectural glass design, Head of glass department, Faculty of Applied Arts, Helwan University,

Ass.Prof.Dr. Mohamed Ragab[2]

Ass.Prof.Dr., Glass Research section, National Research Center.

designer Manar Mohamed

Applied Arts designer, East district - Nasr City, Cairo Governorate

Key words

1=Self cleaning glass 2= rephrasing architectural façades 3= bus stations.

DOI:10.12816/0036585

Abstract:

An experimental research was carried out to produce translucent self cleaning glass by Sol Gel process, the research based on decreasing environmental pollution and safe the lives of glass cleaners. Translucent self cleaning glass (TSCG) achieves aesthetics and functionality to the architectural façades. 15 glass species were produced 25 ×75 mm and characterized by scanning electron microscope (SEM) and contact angle measurements, the results were discussed. The surrounding environment and architectural pharaonic façade style were taken into consideration in rephrasing the architectural glass façade of El Torgoman bus station and its mall skylight, two design ideas were done (8 ref.).

المقدمة:

الزجاج الذاتي التنظيف هو عبارة عن زجاج مغطى بطبقة رقيقة جدا من أكسيد مايكرو كرستالين التيتانيوم والذي يستجيب لضوء النهار، وهذا التفاعل يفصل الأقذار عن الزجاج، دون الحاجة إلى استخدام الماسحات، وعندما تسقط عليه المياه، يحدث التفاعل الذي يؤدي إلى انزلاق الأوساخ والمياه من على سطح الزجاج، وهو يعتمد في عمله على خاصيتين مهمتين وهما (photo catalytic ,hydrophilic) وذلك لتفتيت المواد العضوية الموجودة على سطح الزجاج ، ثاني أكسيد التيتانيوم هو مادة تستخدم في المواد الغذائية ومعجون الأسنان، وكريمات البشرة المانعة لأشعة الشمس، وهي في العادة مادة على شكل مسحوق، مما يؤدي إلى حجب الرؤية إذا ما وضعت على الزجاج؛ لذلك استخدمت طبقة رقيقة من هذه المادة، سمكها 15 نانومتر تقريباً، وبذلك يبدو الزجاج طبيعيا تماماً، ولطبقة ثاني أكسيد التيتانيوم صفتان تميزانها، فهي أولا: تمتص الأشعة فوق البنفسجية من الشمس وخلال هذه العملية، تتفاعل الطبقة العازلة مع الأوساخ العضوية بحيث تفتتها، وثانيا : الطبقة العازلة تؤدي إلى جعل الزجاج أكثر جاذبية للمياه، وهو ما يعني أن الماء عندما يلامس سطح الزجاج، ينجذب إلى بعضه فيتحول إلى ما يشبه الشريحة بدلا من أن يتحول إلى قطرات، هذه التغطية تفتت الأوساخ العضوية ، وتؤدي إلى سقوطها على الأرض ، كما أنه يقلل من المواد التي تلتصق بها الأوساخ الأخرى؛ ونظرا لتواصل تأثير الحافز الضوئي ، فإن الزجاج يجف نظيفا[1] . تم إنتاج هذه التغطية الصديقة للبيئة نتيجة لأبحاث كثيرة بدأت منذ بدايات التسعينات، أجريت على تكنولوجيا الشرائح الرقيقة، وعلى الرغم من أن الأوساخ تتفتت طبيعياً إلا أن هذه التغطية لن تقضي نهائيا على مهنة منظفي زجاج النوافذ ، ولكنها ستقلل من الحاجة إلى التنظيف المستمر، وهو ما سيؤدي إلى التقليل من استخدام المنظفات الضارة بالبيئة ففي كل مرة تستخدم الكيماويات القوية ، يتم غسلها لتقع على الأرض ، مما يتسبب في التلوث ، وما نقوله هنا هو أن الزجاج يمكن تنظيفه الآن بمجرد رش الماء عليه ،

1. Magnum Augusto Moraes Lopes de Jesus, João Trajano da Silva Neto, Gianluca Timò, Paulo Renato Perdigão Paiva, Maria Sylvia S Dantas, and Angela de Mello Ferreira," Super hydrophilic self-cleaning surfaces based on TiO and TiO /SiO, composite films for photovoltaic module cover glass, Applied Adhesion Science, National Institute of Science and Technology on Mineral Resources, Water and Biodiversity, 2015.

كما أن التغطية تؤدي وظيفة أخرى وهي الأمان ، ففي كل عام يلقى عدد من عمال تنظيف الزجاج حتفهم عندما يسقطون من على السقالات أثناء تنظيف النوافذ[1]، ويتميز الزجاج ذاتي التنظيف ناتج البحث بأنه نصف شفاف فهو يوفر الخصوصية لقاطني المكان حيث لا يمكن للمارة رؤية من بالداخل، ومن هنا تبلورت **مشكلة البحث في:** عدم إنتاج الزجاج ذاتي التنظيف في مصر، أما **أهمية البحث فتكمن في:** إلقاء الضوء على الزجاج ذاتي التنظيف وأهمية استخدامه في الحفاظ على البيئة المصرية، وقد **هدف البحث إلى:** إنتاج زجاج ذاتي التنظيف واستخدامه في إعادة صياغة واجهات ميناء القاهرة البري (محطة أتوبيس الترجمان) لتتحول إلى محطة صديقة للبيئة، **ولحل مشكلة البحث تم دراسة الخطوات الآتية:**

أولاً: دراسة مواد النانو ذاتية التنظيف.

ثانياً: تحضير الزجاج الذاتي التنظيف معملياً.

ثالثاً:عمل تصميمات معاصرة باستخدام التكنولوجيا الحديثة لتطبيقها على محطة الترجمان.

أولاً: دراسة مواد النانو ذاتية التنظيف:

تزايد دور تطبيقات مواد النانو في مجال الزجاج وقد أصبح مؤثراً وكل يوم تقدم الأبحاث العلمية قيمة مضافة إلى المنتجات في كافة احتياجات ومتطلبات الحياة فتقنيات النانو رفعت من كفاءة الخامات التقليدية، فقدمت أسطح أكثر تحملاً للعوامل الجوية والاحتكاك، وأسطح تعالج مشاكل تراكم الأتربة والاتساخ من خلال نظرية التنظيف الذاتي ،وأسطح قابلة للتكيف مع درجات الحرارة المختلفة للحفاظ على جودة المنتج بأكبر قوة ممكنة وقد تعددت أنواع مواد النانو التي توفر لسطح الزجاج خاصية التنظيف الذاتي ونذكر منها:[2]

1. **طلاءات النانو ذاتية التنظيف بالتحفيز الضوئي self – cleaning photo catalysis :**

تحتاج هذه الخاصية إلى الأشعة فوق البنفسجية بالإضافة إلى الماء والأكسجين حيث تحفز الأشعة فوق البنفسجية الأسطح المطلية بطلاءات النانو ، مثل ثاني أكسيد التيتانيوم $Ti\ O_2$ مما يجعلها تتفاعل مع المواد العضوية وتقوم بتحليلها فيسهل إزالتها، ونجد أن الحجم النانوني لهذه المادة جعلها مادة حافزة قوية ، حيث تسرع عملية تحليل المواد العضوية بدون أن تستهلك وبهذا يستمر تأثير المادة على المدى الطويل بدون أن تستهلك وبهذا تكون هذه الأسطح مضادة للدهون والزيوت ، كما هو موضح في الشكل رقم 1(أ، ب ، ج)،2(أ، ب).

2. WWW.interpane.net
3. Krister Midtdal, Self-Cleaning Glazing Products: A State-of-the-Art Review and Future Research Pathways, Norwegian University of Science and Technology Department of Civil and Transport Engineering, June 2012.

شكل رقم(1أ) يوضح تأثير الأشعة الفوق بنفسجية بضوء الشمس على المواد العضوية

شكل رقم(1ب) يوضح تشتيت قطرات الماء

شكل رقم(1ج) يوضح نظافة الزجاج ذاتياً بالاعتماد على أشعة الشمس ومياه الأمطار

شكل رقم(2أ) يوضح تساقط قطرات الزيت على سطح معالج

شكل رقم(2ب) يوضح تساقط قطرات الزيت على سطح غير معالج

ولقد تم اكتشاف خاصية التنظيف الذاتي لمادة ثاني أكسيد التيتانيوم $Ti\ O_2$ عام 1967م ولكنها كانت بيضاء اللون ؛ لذا يمكن استخدامها مع الأسطح اللامعة والشفافة، ولكنها عندما أصبحت في حجم النانو أصبحت شفافة فأمكن استخدامها في الطلاءات المختلفة.

وبالمقارنة بين ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 ومواد ملمس اللوتس فإن مواد ملمس اللوتس تمتاز بالشفافية العالية فلا تؤثر على شكل المنتج ، بينما تتأثر مواد ثاني أكسيد التيتانيوم $Ti\ O_2$ بالمواد الداخل فيها السيلكون ومواد اللصق لأن بها زيوتاً تتفاعل معها ، وهناك بعض المنظفات التي تقوم بعمل طبقة عزل فتؤثر عليه، كما تفضل طلاء الأسطح الشفافة والزجاجية به في المصانع ، كما في الشكل رقم3 (أ، ب)[1].

شكل رقم(3أ) يوضح سطح مصنع مغطى بمادة ال PVC

شكل رقم(3ب) يوضح سطح مصنع مغطى بطلاء ثاني أكسيد التيتانيوم

[1]Abdul-Aziz Fahd green Nano architecture, department of architecture faculty of engineering – university of Alexandria January 2010

2. الأسطح سهلة التنظيف (ETC) easy – to – clean:

وهي أسطح ملساء تتميز بتقليل تجاذب السطح للماء وهي طاردة للماء ، حيث تعتمد على تقليل طاقة السطح مما يقلل امتصاص الأسطح للمواد الأخرى، كما أنه طارد للمياه والدهون كما هو موضح في الشكل 4(أ ،ب ،ج)[1].

شكل رقم(4أ) يوضح زاوية التماس بين سطح الزجاج وقطرة الماء على سطح معالج

شكل رقم(4ب) يوضح زاوية التماس على سطح غير معالج جيداً

شكل رقم(4ج) يوضح زاوية التماس بين سطح الزجاج وقطرة الماء على سطح غير معالج

وتختلف عن طلاءات ملمس اللوتس في أن السطح لها أملس ويختلف عن الدهانات الكهروضوئية في أن جريان المياه عليها في صورة نقط لا في شكل طبقات رقيقة.

وتختلف الأسطح المطلية بمواد ETC عن مواد التيفلون في أنها مواد شفافة ، مما يؤهلها لاستخدامها في تطبيقات كثيرة؛ وذلك لأنه لا يعد طارداً للماء فقط لكنه طارد للاتساخ أيضاً، كما أنه مضاد للحريق ونافذ للهواء ويتحمل الإجهاد ومضاد للاحتكاك وقليل التكلفة[2] .

3. المواد المضادة للضباب anti – fogging:

هي تلك المواد التي تمنع تراكم الضباب على الأسطح والتي لا يمكن إزالتها إلا بالتسخين ومع إضافة طبقة رقيقة من أكسيد التيتانيوم بحجم النانو تعمل على منع تحول الماء إلى قطرات ، بل تحوله إلى خيط رفيع غير مرئي. وفي الآونة الأخيرة تم صناعة زجاج ذو مسام في حجم النانو وهو مصنوع من عدة طبقات ذات ثقوب نانونية حيث تعمل هذه الثقوب على تجميع الماء بداخلها حتى لا تتجمع على السطح ، ويظهر هذا الزجاج بشكل طبيعي مثل الزجاج العادي. وتقوم الأبحاث في هذا المجال على أن تكون طبقة المياه غير مرئية بدون مجهود في تسخين الزجاج أو المسح أو التجفيف كما بالشكل رقم (5)[3].

---

[1]leydeeker Sylvia, nano materials in arehiteeture, interior architecture and design translation, julianReisenberger, Weimar, birkhauserverlag AG rasel, boston, berlin 2008.

[2]Abdul-Aziz Fahd green Nano architecture, department of architecture faculty of engineering – university of Alexandria January 2010.

[3]أحمد فتحي متولي(تكنولوجيا النانو وتأثيرها في مجال التصميم الصناعي) رسالة ماجستير – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان 2012.

شكل رقم (5) يوضح مرآة معالجة بتكنولوجيا النانو لعدم تراكم الضباب عليها

4. <u>طلاءات ملمس زهرة اللوتس self – cleaning: lotus – effect :</u>

يخلط البعض بين طلاءات النانو سهلة التنظيف ومواد النانو المضادة للماء ، وتعد طلاءات زهرة اللوتس مضادة للماء حيث تعتمد فكرة طرد الماء على وجود نتوءات نانونية صغيرة جداً على سطح المادة تعمل على زيادة قوى التوتر السطحي للمياه فتتكون قطرات المياه على السطح وتتدحرج دون أن تلتصق بالسطح ، كما أنه يضاف إلى أطراف هذه النتوءات شمع مما يسهل انسياب الماء عليها ، وفي أثناء انسيابها فإنها تنظف الأتربة والميكروبات مما يجعلها ذاتية التنظيف فهي لا تعني أنها يتم تنظيفها نهائيا ولكن تعني أن عملية التنظيف على فترات متباعدة وتكون سهلة لعدم التصاق الأتربة كما هو موضح في الشكل رقم (6) ، ويوفر ذلك في استخدام المنظفات ، مما يقود إلى الحفاظ على الشكل الجمالي فترات طويلة وبالإضافة إلى التوفير الحفاظ على البيئة، كما أن هناك مكاسب غير مباشرة عند استخدام هذه الطلاءات للأسطح ، حيث تسمح بمرور كمية أكبر من الضوء فتعمل على توفير الطاقة[1].

شكل رقم (6) يوضح كيفية انزلاق الماء على زهرة اللوتس الطبيعية

وتستخدم هذه التقنية مع المنتجات المعرضة للماء باستمرار ، ولكنه يراعى أن استخدام مواد التنظيف تقلل من التوتر السطحي للماء فيجعلها تتغلغل إلى الداخل وعند استخدام الماء فقط فإنها تعود إلى ما كانت عليه من نظافة، كما أن هذه التقنية لا تتحمل الاحتكاك العالي فلا يفضل استخدامها في الأجزاء ذات الاحتكاكات العالية والقريبة من الأرض.

ونجد أن القدرة العالية التي يمتلكها نبات اللوتس على صد الأوساخ قادت إلى استلهام عدد من تقنيات التنظيف الذاتي والتقنيات المضادة للبكتيريا التي يمكن أن تطبق على الزجاج، حيث تُحوِّل النتوءات

[1]Abdul-Aziz Fahd green Nano architecture, department of architecture faculty of engineering – university of Alexandria January 2010.

الميكروسكوبية الموجودة على ورقة اللوتس سطحها الشمعي إلى مادة تصد الماء بقوة، أي فائقة الكره للماء. حيث تتدحرج نقاط المطر بسهولة فوق مثل هذا السطح، مزيلة بطريقها جميع الأوساخ أو الغبار.

5. <u>مادة التيتانيا:</u>

في عام 1967، اكتشف العالم فوجيشيما أن التيتانيا تستطيع عند تعريضها للأشعة فوق البنفسجية فصل الماء إلى أكسجين وهيدروجين. ويعد فصل الماء بواسطة الضوء، أو ما يسمى التحلل الضوئي photolysis، عملية مهمة؛ لأنها إذا ما جُعِلت قادرة على العمل بكفاءة عالية لأمكن توليد الهيدروجين بكلفة زهيدة تجعله بديلا ثمينا كوقود لا يطلق الكربون، كما هو الحال في الوقود الأحفوري. وتابع (فوجيشيما) وباحثون آخرون هذه الغاية باجتهاد وشغف[1].

وقد بينت الدراسات أن الأغشية الرقيقة من التيتانيا (مجال السمك ما بين النانومترات والميكرونات) أكثر فعالية من الجسيمات الكبيرة. وقد اكتشف فوجيشيما في عام 1990م وهاشيموتو و واتانابيأن الأغشية التي سمكها من القياس النانوي والمنشطة بفعل الأشعة فوق البنفسجية لها تأثير حفزي ضوئي photo catalytic effect يؤدي إلى تفكيك المُرَكبات العضوية . بما فيها المُرَكبات الموجودة في جدران خلايا البكتيريا . وتحولها إلى ثانى أكسيد الكربون وماء.

وتعود صفة الحفزية الضوئية في التيتانيا إلى أنها من أشباه الموصلات semi – conductor ، ويعني ذلك أنه لا يلزم سوى كمية معتدلة من الطاقة لرفع إلكترون من ما يسمى التجمع التكافئي valence band من مستويات طاقة ممتلئة في المعدن عبر ما يعرف باسم فجوة أو فرجة مجمعة gap band (مؤلفة من مستويات طاقية محظورة) إلى (مجموعة النقل)conduction band ، حيث يمكن أن تتحرك الإلكترونات وتنقل التيار. ويستطيع، في حالة التيتانيا، أن يقوم فوتون من الضوء فوق البنفسجي طول موجته نحو 388 نانو متر بالمهمة. وفي سياق العملية تنتج شحنتان حُرّتان: الإلكترون الذي رفع إلى مجموعة النقل والثقب الذي خلفه وراءه في مجموعة التكافؤ والذي يسلك سلوكا مشابها تماما لجسيم ذي شحنة موجبة .

وتستطيع هاتان الشحنتان طالما بقيتا حرتين، أن تتفاعلا مع الماء والأكسجين عند سطح التيتانيا، منتجتين مواد كيميائية شديدة الفعالية يمكنها تحويل المركبات العضوية إلى ثانى أكسيد كربون وماء.

وفي منتصف التسعينات، توصل أولئك اليابانيون الثلاثة إلى اكتشاف مهم آخر يتعلق بالتيتانيا، عندما حضَّروا غشاء رقيقاً من معلق مائي لجسيمات التيتانيا، ثم قاموا بإحمائه إلى الدرجة 500° س، وعندما عرّض هؤلاء العلماء الغشاء الشفاف الناتج إلى الأشعة فوق البنفسجية تبين أنه يتمتع بصفة استثنائية هي قابلية الابتلال التام، أي أن زاوية التماس تساوي صفر درجة . بالماء والزيت[2].

[1]Andreas Solaga, ZdenekCerman – The Dream of staying Clean , Lotus and Biomimetic Surfaces, 2007
[2]Peter Forbes – The Gecko 'Foot – w.w.Norton,2006

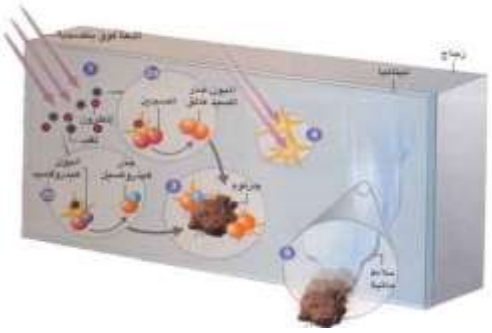
وتفسير ذلك أن الضوء فوق البنفسجي قام بإزالة بعض ذرات الأكسجين من سطح التيتانيا محدثا عليه رقعا نانونية المقياس امتصتadsorbed فيها مجموعات الهيدروكسيل، مما يؤدي إلى ظهور صفة المحبة الفائقة للماء، وعُدَّت المناطق التي تقع خارج هذه الرقع مسئولة عن الألفة الشديدة للزيت، ويستمر هذا التأثير عدة أيام بعد انتهاء التعريض للضوء فوق البنفسجي، ولكن التيتانيا تعود ببطء إلى حالتها الأصلية طالما أبقيت في الظلام.

وعلى الرغم من أن ذلك مخالف تماماً لصفة صد الماء التي تتميز بها أوراق اللوتس، فقد تبين أن محبة التيتانيا الفائقة للماء مفيدة في عمليات التنظيف الذاتي؛ فالماء يميل إلى الانتشار على كامل السطح مشكلا ملاءة تستطيع جرف الأوساخ في جريانها على السطح، وكذلك يقاوم السطح الضبابية؛ لأن الماء المتكاثف يسيل عليه بدلا من أن يتحول إلى آلاف النقيطات الصغيرة المؤلفة للضباب. وتكتسب الأغراض المطلية بالتيتانيا صفة إزالة الروائح وإبادة البكتيريا، إضافة إلى صفة التنظيف الذاتي بسبب ما تمتلكه من قدرة على إفساد المواد العضوية وقتل البكتيريا بسبب خاصية التأثير الحفزي الضوئي للتيتانيا.

وبالنظر إلى أن الأغلفة النانونية للتيتانيا شفافة، فقد تطورت صناعة زجاج النوافذ المعالج بها. ففي عام 2001، طُرِح . أول مرة . في الأسواق الزجاج الفعال Active Glass الذي طورته شركة پيلكينجتون التي تعد كبرى شركات إنتاج الزجاج في المملكة المتحدة. ويجري تشكيل الزجاج عموما، في نحو الدرجة 1600 ° س في حوض من القصدير الذائب. ويمرر في عملية تصنيع الزجاج الفعال بخار رباعي كلوريد التيتانيوم فوق سطح الزجاج في إحدى مراحل التبريد اللاحقة، توضع بذلك طبقة من التيتانيا سمكها أقل من 20 نانومتر. وسرعان ما أصبح الزجاج الفعال هو الاختيار الأمثل في إنشاءات مثل أسقف المستنبتات والمراصد ومرايا السيارات الجانبية في المملكة المتحدة[1].

ونجد أنه من المؤسف أن زجاج النوافذ العادي يحجز أطوال الموجات فوق البنفسجية التي تُفعِّل التأثير الحفزي الضوئي للتيتانيا؛ ولذلك فإن الطبقات النانونية للتيتانيا أقل فائدة في داخل المنزل مما هي عليه خارجه. ولحل هذه المسألة يُلجأ إلى تطعيم doping التيتانيا بمواد أخرى، كما يطعم السيلكون وأشباه الموصلات الأخرى في صناعة الإلكترونيات. حيث يُنقص التطعيم فجوة عصابة المادة، مما يعني أن الموجات الأكثر طولا للإضاءة المنزلية الداخلية يمكنها تفعيل الحفز الضوئي. وفي عام 1985، اكتشف ساتو فائدة تطعيم التيتانيا بالنيتروجين. كما يمكن استعمال الفضة في تطعيم التيتانيا. ولكن لم تثمر تلك التجارب في العمليات التجارية إلا في السنوات الأخيرة، والشكل رقم(7) يوضح تأثير الأشعة فوق البنفسجية على إزالة الأتربة من على سطح زجاج مغطى بطبقة من التيتانيا.

[1]Andreas Solaga, ZdenekCerman – The Dream of staying Clean , Lotus and Biomimetic Surfaces, 2007



شكل رقم (7) يوضح تأثير الأشعة فوق البنفسجية على إزالة الأتربة من على سطح زجاج مغطى بطبقة من التيتانيا

ثانياً: تحضير الزجاج الذاتي التنظيف معملياً :

طريقة تحضير الزجاج ذاتي التنظيف في المعمل:

1. نستخدم كمية من مذيب عضوي مثل مادة التولوين تتراوح بين 100:150 ملليمتر في كوب القياس المدرج كما بالشكل رقم(8).
2. نمرر كمية من غاز الأرجون لمادة التولوين المحضرة بواسطة أنبوب الغاز لمدة تتراوح بين 5 : 10 دقائق تقريباً كما بالشكل رقم (9).

شكل رقم (8) يوضح وضع مادة التولوين في كوب القياس المدرج

شكل رقم (9) يوضح إدخال غاز الأرجون في كوب القياس المدرج

3. يتم وزن كمية مناسبة من مادة N– Octadecyl isocyanate **($CH_3(CH_2)_{16}CH_2NCO$)**.كما بالشكل رقم(10).

شكل رقم (10) خطوات وزن كمية مناسبة من مادة N- Octadecyl isocyanate

يتم وضع مادة N– Octadecyl isocyanate في كوب القياس المدرج المملوءة بمادة التولوين ببطء ،ويتم إذابتها جيداً وبعد ذلك يتم عزلها جيداً عن الهواء، كما بالشكل رقم (11).

شكل رقم (11) يوضح وضع مادة N– Octadecyl isocyanate في كوب القياس المدرج المملوءة بمادة التولوين وإذابتها جيداً

4. نضيف مادة Terabtyltin dilaurate بنسبة تتراوح من 2 : 5 % تقريباً كما بالشكل رقم (12).

شكل رقم (12) يوضح إضافة مادة Terabtyltin dilaurate

5. نقوم بتجهيز عدد 18 شريحة من الزجاج عن طريق تنظيف السطح بمادة الأسيتون النقي كما بالشكل رقم(13).

شكل رقم (13) يوضح شكل الشرائح بعد تنظيفها بالأسيتون

6. نقوم بغمس الزجاج في المحلول المجهز سابقاً لمدة تتراوح بين 10 : 20 ثانية ؛وذلك بالتكرار من 3 : 20 مرة على مجموعة من الشرائح المختلفة كما بالشكل رقم (14).

شكل رقم (14) يوضح غمس الشرائح الزجاجية في المحلول المجهز بكوب القياس المدرج

7. يتم ضبط الفرن على درجة حرارة 70°م ونضع بداخله العينات الزجاجية التي تم تجهيزها طوال فترة الليل كما بالشكل رقم 15(أ، ب، ج).

شكل رقم (15أ) يوضح تجهيز العينات لوضعها في الفرن

شكل رقم (15ب) يوضح العينات قبل وضعها في الفرن

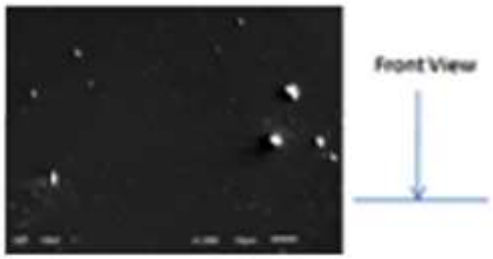
شكل رقم (15ج) يوضح العينات بعد خروجها من الفرن

8. بعد خروج العينات من الفرن يتم تجربتها وقياسها وقد ظهرت النتائج التالية كما بالشكل رقم (16).

شكل رقم (16) يوضح العينات بعد خروجها من الفرن وتجربتها

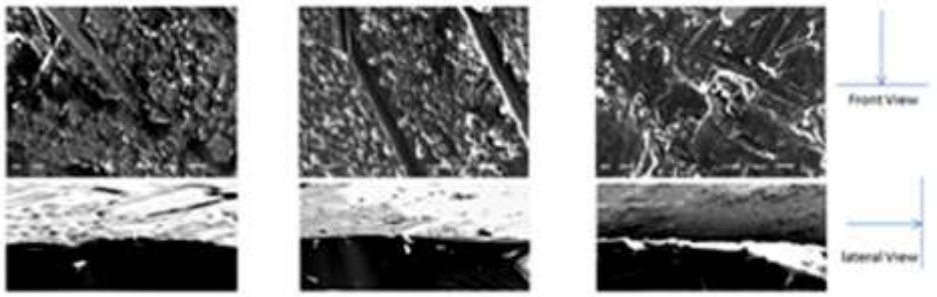
نتائج القياس بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني:

1. الشكل رقم(17) يوضح مسقط أفقي لسطح الشرائح قبل تغطيتها.



شكل رقم (17) يوضح مسقط أفقي لسطح الشرائح قبل تغطيتها

2. الشكل رقم 18(أ، ب، ج) يوضح مسقط أفقي ورأسي لسطح الشرائح بعد غمسها في المحلول عدد 3 مرات ، عدد 5 مرات ، عدد 7 مرات



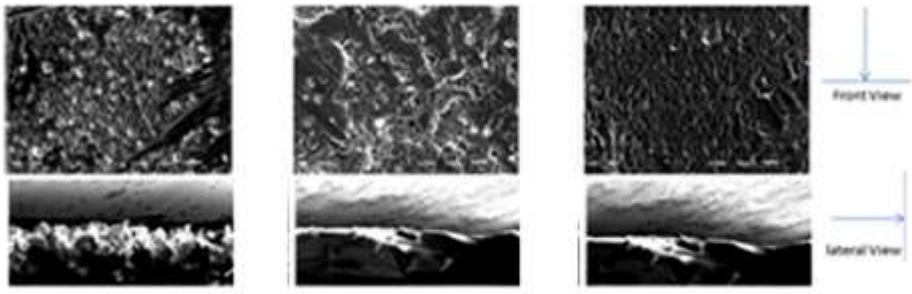
3. .

شكل رقم (18 أ) يوضح مسقط أفقي ورأسي بعد غمس الشرائح عدد 7 مرات

شكل رقم (18ب) يوضح مسقط أفقي ورأسي بعد غمس الشرائح عدد 5 مرات

شكل رقم (18ج) يوضح مسقط أفقي ورأسي بعد غمس الشرائح عدد 3 مرات

4. الشكل رقم 19(أ، ب، ج) يوضح مسقط أفقي ورأسي لسطح الشرائح بعد غمسها في المحلول عدد 10 مرات ، عدد 15 مرة ، عدد 20 مرة .



شكل رقم (19 أ) يوضح مسقط أفقي ورأسي بعد غمس الشرائح عدد 20 مرات

شكل رقم (19ب) يوضح مسقط أفقي ورأسي بعد غمس الشرائح عدد 15 مرات

شكل رقم (19ج) يوضح مسقط أفقي ورأسي بعد غمس الشرائح عدد 10 مرات

5. شكل رقم(20) يوضح شكل قطرة مياه على سطح العينات التي تم معالجتها ؛ وذلك بدءاً من العينة قبل غمسها ثم شكل القطرة على العينات بعد غمسها عدد 3 مرات ، عدد 5 مرات، عدد 7 مرات، عدد 10 مرات، عدد 15 مرة، عدد 20 مرة.

شكل رقم (20) يوضح شكل قطرة الماء على سطح الشرائح قبل تغطيتها

6. الشكل رقم 21(أ، ب، ج) يوضح شكل قطرة الماء عند سقوطها على سطح الشرائح بعد غمسها في المحلول عدد 3 مرات ، عدد 5 مرات ، عدد 7 مرات .

شكل رقم (21 أ) يوضح شكل قطرة الماء عند سقوطها على سطح الشرائح بعد غمسها في المحلول عدد 7 مرات

شكل رقم (21ب) يوضح شكل قطرة الماء عند سقوطها على سطح الشرائح بعد غمسها في المحلول عدد 5 مرات

شكل رقم (21ج) يوضح شكل قطرة الماء عند سقوطها على سطح الشرائح بعد غمسها في المحلول عدد 3 مرات

7. الشكل رقم (22 أ، ب، ج) يوضح شكل قطرة الماء على السطح بعد غمس الشرائح في المحلول عدد 10 مرات ، عدد 15 مرة ، عدد 20 مرة.

شكل رقم (22 أ) يوضح شكل قطرة الماء على السطح بعد غمس الشرائح عدد 20 مرات

شكل رقم (22ب) يوضح شكل قطرة الماء على السطح بعد غمس الشرائح عدد 15 مرات

شكل رقم (22ج) يوضح شكل قطرة الماء على السطح بعد غمس الشرائح عدد 10 مرات

النتائج:

1. بعد طلاء سطح الزجاج في جميع العينات تحول سطح الزجاج إلى سطح ذاتي التنظيف ، حيث نلاحظ انزلاق قطرة الماء عند سقوطها مباشرة على السطح.
2. تزداد سمك طبقة الطلاء على سطح الزجاج مع زيادة عدد مرات الغمس ويثبت سمك الطبقة بعد غمس الزجاج للمرة العاشرة تقريباً.
3. عند قياس زاوية التماس بين سطح الزجاج وقطرة الماء وجد أن زاوية التماس تزداد بزيادة سمك طبقة الطلاء ، بمعنى أن هناك علاقة عكسية بين زاوية التماس وسمك طبقة الطلاء على الزجاج ، حيث تتراوح قياس الزاوية من (98 درجة إلى 75 درجة) تقريباً.

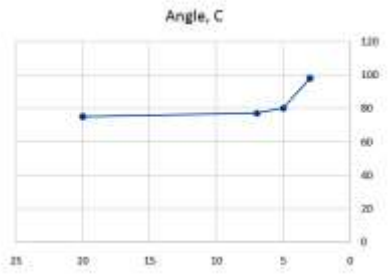
4. تحول سطح الزجاج لسطح نصف شفاف ، مما يوضح أن هناك إمكانية لاستخدام الزجاج الذاتي التنظيف في التصميم بطريقة متنوعة مابين الإعتام والشفافية ، مما يعطي مساحة كبيرة لفكر المصمم.

وفيما يلي يوضح الجدول رقم (1) العلاقة بين زيادة سمك طبقة الطلاء وزاوية التماس.

عدد مرات غمس الشرائح	زاوية التماس
3	**98 درجة**
5	**80 درجة**
7	**77 درجة**
20	**75 درجة**

الجدول رقم (1) العلاقة بين زيادة سمك طبقة الطلاء وزاوية التماس

والشكل رقم (23) رسم بياني يوضح العلاقة بين سمك طبقة الطلاء وزاوية التماس.



شكل رقم (23) رسم بياني يوضح العلاقة بين عدد مرات الغمس وزاوية التماس

ثالثاً:عمل تصميمات معاصرة باستخدام التكنولوجيا الحديثة لتطبيقها على محطة الترجمان.

التصميم المقترح لإعادة صياغة واجهة مبنى ميناء القاهرة البري يجمع بين الأصالة في الفكر التصميمي والمعاصرة في التكنولوجيا الحديثة المستخدمة في الزجاج:

تعد عملية تصميم الزجاج المعماري عملية فكرية معقدة، يقوم بها المصمم من أجل الوصول إلى واجهة معمارية متميزة تجمع بين صفات الأصالة والمعاصرة ؛ وذلك باستخدام التكنولوجيا الحديثة التي تخدم التصميم ، وقد تم اختيار مبنى محطة الترجمان (ميناء القاهرة البري) كنموذج تطبيقي للبحث وتم دراسة وعمل الفكرة التصميمية بناءً على مواصفات المبنى والبيئة المحيطة به.

الفكرة التصميمية الأولى:

الفكرة التصميمية الأولى لشباك من الزجاج العسلي معالج بتقنيات الحفر المختلفة ، ويتم استغلال الفكرة التصميمية لتطوير واجهة المبنى وهي عبارة عن:

أ. **عناصر التصميم:**

الشباك عبارة عن إطار حديدي مقاس 5×7 م، والفكرة التصميمية مستوحاة من الطراز المصري القديم وتم استخدام مجموعة من عناصر الفن الفرعوني مثل :

1. أشكال زخرفيه لزهرة اللوتس.
2. مساحات شكلية متنوعة بين (المستطيلات ، المربعات).

ب. فلسفة التصميم:

تظهر أزهار اللوتس بأشكال زخرفيه متناسقة ومترابطة مع بعضها البعض بأسلوب حديث يجمع بين الأصالة والمعاصرة، وقد كانت أزهار اللوتس عند المصريين القدماء رمزاً للجنوب ؛ ولذلك تم استغلالها في التصميم للتأكيد على الترابط بين شمال مصر وجنوبها ، حيث تخدم المحطة كافة أنحاء الجمهورية.

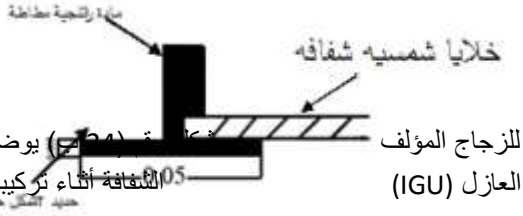
ج. **التقنيات المستخدمة في الفكرة التصميمية:**

الفكرة التصميمية لشباك من الزجاج الملون يجمع بين مجموعة من التقنيات الحديثة وهي:

1. تقنية الزجاج الذاتي التنظيف.
2. تقنية الخلايا الشمسية الشفافة.
3. تقنية الحفر على الزجاج والذي يتم على جهة واحدة من سطح الزجاج ، ثم يتم تجميعه على طبقة من الزجاج الذاتي التنظيف.

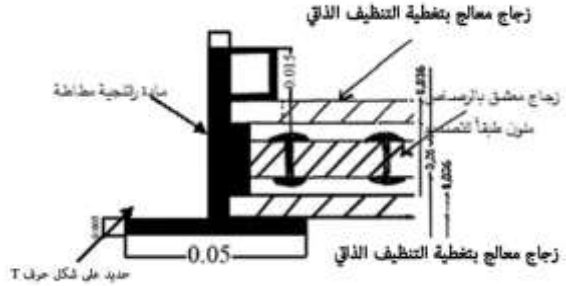
الفكر التطبيقي للتصميم:

تعتمد الفكرة التصميمية على استخدام وحدات الزجاج العازل والمعالج بتغطية التنظيف الذاتي؛ وذلك للتغلب على بعض المشاكل البيئية في مصر، وأيضاً تم الاستفادة من تقنيات حفر الليزر والرش بالرمال ، وتم مراعاة عمل فتحات متحركة بالتصميم ؛ وذلك لمراعاة تجديد دورة الهواء بالمكان باستمرار،والشكل رقم 24 (أ ، ب) يوضح شكل قطاعات الزجاج في التصميم المقترح.



شكل رقم (24 أ) يوضح قطاع أفقي للزجاج المؤلف بالرصاص والموجود بوحدة الزجاج العازل (IGU)

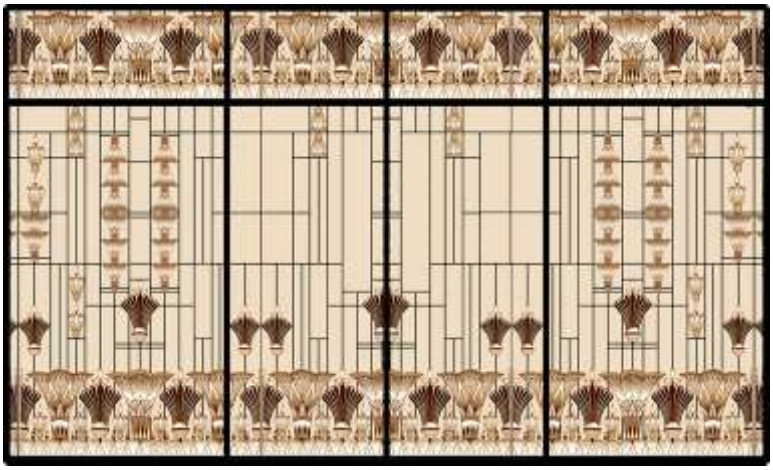
(ب) يوضح قطاع أفقي للخلايا الشمسية الشفافة أثناء تركيبها على شاسيهات الحديد



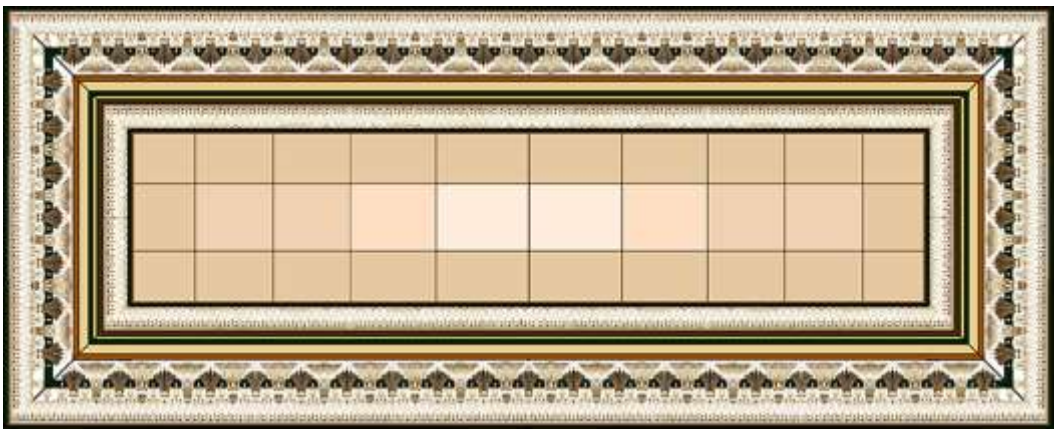
ويوضح الشكل رقم (25) الفكرة التصميمية الأولى للشباك بينما يوضح الشكل رقم(26) الفكرة التصميمية الأولى لبوابات المداخل الرئيسية والمستوحاة من نفس روح التصميم الخاص بالشباك والمعالج بنفس

الطرق التكنولوجية السابق شرحها، أما الشكل رقم(27) فيوضح الفكرة التصميمية للسقف الداخلي للمركز التجاري وقد تم استيحاء الفكرة التصميمية الأولى للسقف من نفس روح التصميم الخاص بالباب والشباك السابق شرحهما.

شكل رقم(25) يوضح الفكرة التصميمية الأولى لشباك الواجهة الرئيسية لمبنى محطة الترجمان



شكل رقم(26) يوضح الفكرة التصميمية الأولى لأبواب الواجهة الرئيسية لمبنى محطة الترجمان



شكل رقم(27) يوضح الفكرة التصميمية الأولى للسقف الداخلي للمركز التجاري بمحطة الترجمان

<u>الفكرة التصميمية الثانية:</u>

الفكرة التصميمية الثانية لشباك من الزجاج المؤلف والمعالج بتقنيات حديثة ومختلفة ويتم استغلال الفكرة التصميمية لتطوير واجهة المبنى وهي عبارة عن:

أ. **<u>عناصر التصميم:</u>**

الشباك عبارة عن إطار حديدي مقاس 5×7 م، والفكرة التصميمية مستوحاة من الطراز المصري القديم وتم استخدام مجموعة من عناصر الفن الفرعوني مثل :

1. زهرة اللوتس.

2. مساحات شكلية متنوعة بين (المستطيلات ، المربعات).
3. شكل نصفي لوجه الملك توت عنخ أمون.

ب. <u>فلسفة التصميم:</u>

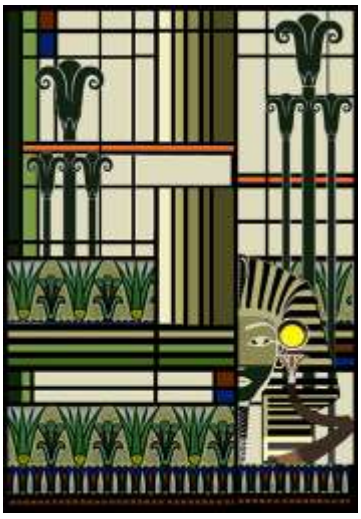
تظهر أزهار اللوتس رمز الجنوب ورمز الميلاد أيضاً لتؤكد على ميلاد عهد جديد يعم به الخير والرخاء على المجتمع ويؤكد على الأمل في مستقبل أفضل للبلاد ، ويتصدر التصميم شكل نصفي لوجه الملك توت عنخ آمون محاطاً بزهور اللوتس وهو الملك الصغير شهدت على ميلاده أزهار اللوتس وبدأ عهد جديد لمملكته يسوده الرخاء والسلام، مما يؤكد على فكرة وفلسفة التصميم.

ج. **<u>التقنيات المستخدمة في الفكرة التصميمية:</u>**

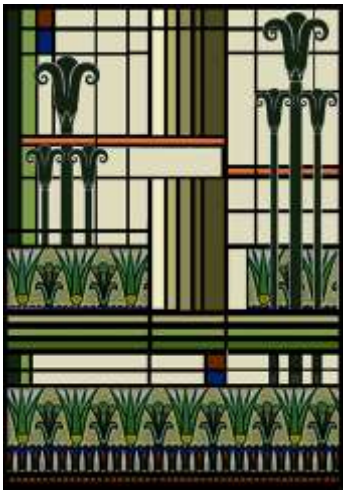
الفكرة التصميمية لشباك من الزجاج الملون يجمع بين مجموعة من التقنيات الحديثة وهي:

1. تقنية الزجاج الذاتي التنظيف.
2. تقنية الخلايا الشمسية الشفافة.
3. تقنية الزجاج المؤلف بالرصاص والذي يتم تجميعه بين طبقتين من الزجاج الشفاف المعالج بتقنية التنظيف الذاتي من الخارج فقط.

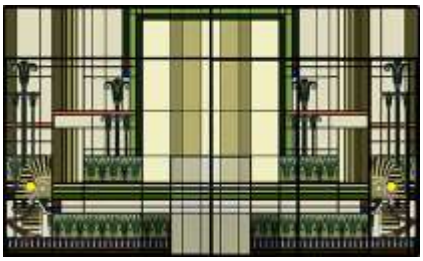
ويوضح الشكل رقم 28 (أ، ب) الفكرة التصميمية الثانية للشباك ، بينما يوضح الشكل رقم (29) الفكرة التصميمية الثانية لبوابات المداخل الرئيسية والمستوحاة من نفس روح التصميم الخاص بالشباك والمعالج بنفس الطرق التكنولوجية السابق شرحها، أما الشكل رقم (30) فيوضح الفكرة التصميمية للسقف الداخلي للمركز التجاري وقد تم استيحاء الفكرة التصميمية الثانية للسقف من نفس روح التصميم الخاص بالباب والشباك السابق شرحهما.



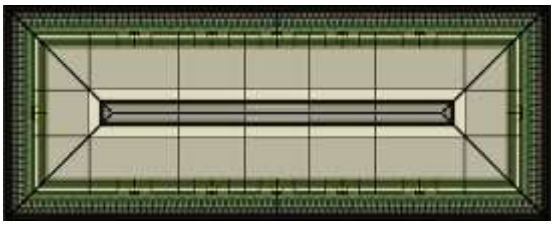
شكل رقم(28أ) يوضح الفكرة التصميمية الثانية لشباك الواجهة الرئيسية لمبنى محطة الترجمان



شكل رقم(28ب) يوضح الفكرة التصميمية الثانية لشباك الواجهة الرئيسية لمبنى محطة الترجمان



شكل رقم (29) يوضح الفكرة التصميمية الثانية لأبواب الواجهة الرئيسية لمبنى محطة الترجمان



شكل رقم(30) يوضح الفكرة التصميمية الثانية للسقف الداخلي للمركز التجاري بمحطة الترجمان

المقترح التطبيقي الأول:

تطبيقاً على **نوافذ وأبواب الواجهة الرئيسية لميناء القاهرة البري (محطة الترجمان)**، موضح بالشكل رقم (31)،(32) منظور خارجي وداخلي للواجهة الرئيسية بعد تطبيق المقترح التصميمي الثاني على الأبواب والنوافذ بها مع إضافة بعض المعالجات التصميمية على الواجهة للتأكيد على روح التصميم المصري القديم بأسلوب معاصر يتماشى مع روح العمارة المعاصرة الحديثة المنتشرة في محطات الأتوبيس حول العالم، أما الشكل رقم(33) فيوضح منظور للسقف الداخلي للمركز التجاري الملحق بميناء القاهرة البري (محطة الترجمان) بعد تطبيق المقترح التصميمي الثاني عليه.

شكل رقم (31) يوضح الواجهة الرئيسية لميناء القاهرة البري بعد تطبيق المقترح التصميمي الأول عليها

شكل رقم (32) يوضح الشكل الداخلي للواجهة الرئيسية لميناء القاهرة البري بعد تطبيق المقترح التصميمي الأول عليها

شكل رقم (33) يوضح الشكل الداخلي لسقف المركز التجاري الملحق بالمحطة بعد تطبيق المقترح التصميمي الأول عليها

المقترح التطبيقي الثاني:

تطبيقاً على **نوافذ وأبواب الواجهة الرئيسية لميناء القاهرة البري (محطة الترجمان)**، موضح بالشكل رقم (34)،(35) منظور خارجي وداخلي للواجهة الرئيسية بعد تطبيق المقترح التصميمي الثاني على الأبواب والنوافذ بها، مع إضافة بعض المعالجات التصميمية على الواجهة للتأكيد على روح التصميم المصري القديم بأسلوب معاصر يتماشى مع روح العمارة المعاصرة الحديثة المنتشرة في محطات الأتوبيس حول العالم، أما الشكل رقم(36) فيوضح منظور للسقف الداخلي للمركز التجاري الملحق بميناء القاهرة البري (محطة الترجمان) بعد تطبيق المقترح التصميمي الثاني عليه.

شكل رقم (34) يوضح الواجهة الرئيسية لميناء القاهرة البري بعد تطبيق المقترح التصميمي الثاني عليها

شكل رقم (35) يوضح الشكل الداخلي للواجهة الرئيسية لميناء القاهرة البري بعد تطبيق المقترح التصميمي الثاني عليها

شكل رقم (36) يوضح الشكل الداخلي لسقف المركز التجاري الملحق بالمحطة بعد تطبيق المقترح التصميمي الثاني عليه

النتائج:

1. لتكنولوجيا النانو تأثير مباشر على تطوير أداء مصمم الزجاج من حيث توسيع مجالات اختيار أنواع المواد المختلفة التي ترفع من كفاءة الزجاج كخامة تستخدم في العمارة الحديثة.
2. توصل البحث إلى مجموعة من أفضل الحلول لاستغلال الزجاج في التصميم البيئي لمحطات الأتوبيس في مصر.

التوصيات:

- يوصي البحث بإعادة تأهيل كافة محطات الأتوبيس بمصر بما يتوافق مع المتطلبات التصميمية لمحطات الأتوبيس المستدامة.
- يوصي البحث باستمرار البحث والتجربة وتوفير الدعم المالي اللازم للبحث العلمي في مجال الزجاج الذكي و النانو تكنولوجي حتى تواكب مصر التطور العالمي في هذا المجال.

المراجع:

1. أحمد فتحي متولي(تكنولوجيا النانو وتأثيرها في مجال التصميم الصناعي) رسالة ماجستير – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان 2012.

2. Abd El Aziz Fahd green Nano architecture, department of architecture faculty of engineering – university of Alexandria January 2010
3. leydeeker Sylvia, nano materials in architecture, interior architecture and design translation, julianReisenberger, Weimar, birkhauserverlag AG rasel, Boston, Berlin 2008.
4. Andreas Solaga, ZdenekCerman – The Dream of staying Clean , Lotus and Biomimetic Surfaces, 2007
5. Peter Forbes – The Gecko 'Foot – w.w.Norton,2006
6. Magnum Augusto Moraes Lopes de Jesus, João Trajano da Silva Neto, Gianluca Timò, Paulo Renato Perdigão Paiva, Maria Sylvia S Dantas, and Angela de Mello Ferreira," Super hydrophilic self-cleaning surfaces based on TiO and TiO /SiO, composite films for photovoltaic module cover glass, Applied Adhesion Science, National Institute of Science and Technology on Mineral Resources, Water and Biodiversity, 2015.
7. Krister Midtdal, Self-Cleaning Glazing Products: A State-of-the-Art Review and Future Research Pathways, Norwegian University of Science and Technology Department of Civil and Transport Engineering, June 2012.
8. WWW.interpane.net