نظم هندسة التحكم الآلي ودورها في إنتاج وتشغيل الزجاج المعماري

The Role of Automatic Control Engineering Systems in The production and operation of Architectural glass.

د.م/ إبراهيم محمد طه الخطيب

مدرس بقسم الزجاج - كلية الفنون التطبيقية - جامعة دمياط - مصر

Dr. Ibraheam Mohamed Taha Elkhateb

Lecturer at Faculty of applied arts- glass department- Damietta University, EGYPT

ibmimt82@gmail.com

الملخص

يعتمد الإنتاج والتشغيل في صناعة الزجاج المعماري على عدة عوامل منها الآلات والماكينات المستخدمة، والتي ترتبط بشكل مباشر بطريقة وكمية الإنتاج المطلوبه والهيئة البنائية للمنتج والشكل النهائي له والمعالجات االتي تطرء عليه لإكسابه خواص جديدة تحقق متطلباته المختلفة الوظيفية والجمالية، ومن العوامل المؤثرة على الإنتاج وجودته التحكم في الماكينات الخاصه بكل مرحلة من مراحل الصناعة وصولاً بالمنتج الزجاجي للصورة النهائية بأفضل جودة ممكنة.

ولذلك تتجه الدراسة إلى إلقاء الضوء على مجال هندسة التحكم الألي ومدى تأثيره على صناعة الزجاج ودراسة أنظمته المختلفة وتناول كل مرحلة من مراحل الإنتاج والتشغيل للزجاج المعماري وكيفية تطبيق تلك النظم في كل مرحلة للحصول على منتج ذو جودة عالية محققاً المواصفات المطلوبة .

مشكلة البحث: -

مشكلة البحث: -

وجود فجوة بين مصمم الزجاج المعماري ونظم التحكم الآلي لماكينات الإنتاج والتشغيل تضعف من قدرته على الإستغلال الأمثل لها منعكساً على العملية التصميمية.

هدف البحث: -

رفع القيمة المعرفية لدى مصمم الزجاج المعماري بطرق الإنتاج والتشغيل وكيفية التحكم بكل منها ألياً.

حصر وترتيب الماكينات آلية التحكم لإنتاج وتشغيل الزجاج بصوره تتوافق مع دور كل منها في الحصول على منتج زجاجي يحقق المتطلبات الجمالية والوظيفية للعمارة.

أهمية البحث: -

يساهم البحث على تنمية قدرات المصمم الإنتاجية ورفع قيمة المنتج الزجاجي في المجالات المختلفة في العمارة مستعيناً بنظم التحكم الآلي في عمليات الإنتاج .

الكلمات المفتاحية : -

هندسة التحكم الآلي – إنتاج الزجاج المسطح – الزجاج المعماري – ماكينات الزجاج

Abstract

Production and operations in the architectural glass industry depend on several factors, including the machines used, which are directly related to the method and quantity of production required, the product structural, shape and the treatments to give it new properties that achieve

its various functional and aesthetic requirements, the control of the machines is one of the factors affecting production and quality for each stage of the industry to reach the glass product for the final product with the best quality.

The study tends to shed light on the automatic control engineering and the extent of its impact on the glass industry and the study of its various systems and address each stage of production and operation of architectural glass and how to apply these systems at each stage to obtain a high-quality product that achieves the required specifications.

Research problem:-

The existence of a gap between the architectural glass designer and the automatic control systems of production and operation machines weakens his ability to make optimal use of them, reflected in the design process.

Research objective:-

Raising the knowledge value of the architectural glass designer in production and operation methods and how to control each of them automatically.

Inventory and arrangement of automatic control machines for the production and operation of glass to have a product that meets the aesthetic and.functional requirements of architecture.

Importance of Research:- The research contributes to the development of the designer's production capabilities and raising the value of the glass product in various fields in architecture by automatic control systems.

Keywords:

Automatic Control Engineering – Flat Glass Production – Architectural Glass – Glass Machinery

مقدمة:

تعود نشأة علم هندسة التحكم إلى قرون عديدة فأي آلة أو نظام يحتاج إلى منظومة مهما كانت بسيطة أو معقدة للتحكم به، ويمكننا ارجاع أول نظام تحكم آلي لأكثر من ألفي سنة حيث يعتقد بأن الساعة المائية في الإسكندرية كانت إحدى اقدم الاجهزة في التاريخ التي تعبر بشكل أو بآخر عن هذه الهندسة، وفي القرنين السابع عشر والثامن عشر ظهرت اجهزة تحكم آلية مثل جهاز تنظيم درجة حرارة الفرن الذي يعود إلى (دريبل) والانظمة المستخدمة لتنظيم سرعة المحركات البخارية من قبل جيمس وات، ومن خلال ماكسويل الذي اوجد معادلاته الشهيرة في المجال الكهرومغناطيسي كان له دوراً كبيراً على اثبات اهمية وفائدة نمذجة الظواهر المعقدة بمعادلات وعبارات رياضية، وقد كانت مبادئ نظرية التحكم قد ظهرت في وقت سابق ولكن ليس بالحد المقنع والكبير كما هو الحال في تحليل ماكسويل. قدمت نظرية التحكم خطوات كبيرة في المائة عام الماضية، حيث اوجدت تقنيات رياضية جديدة تمكننا من السيطرة بشكل أكثر دقة، وساعدت تطبيقات نظرية التحكم في التطور الهائل في المجال الصناعي بالصورة الموجودة في وقتنا الحالي ومن المجالات التي أثرت عليها نظريات التحكم الآلي مجال صناعة الزجاج وهو المعني بتلك الدراسة، وقبل البدء في دراسة أنواع التحكم الآلي يجب أولا معرفة لماذا نستخدم التحكم الآلي في مجال صناعة الزجاج وذلك بسبب (التقدم العلمي والتقني الهائل، زيادة التعقيد في العمليات الصناعية المختلفة، الحاجة إلى السرعة والدقة في الأداء، الحاجة للسيطرة على أكثر من عملية في نفس الوقت) كما يترتب على استخدامه في مجال صناعة الزجاج (زيادة كبيرة في الإنتاج ، ارتفاع جودة المنتج، توفير الوقت والتكاليف والأيدي العاملة ونسبة الخطء)

يعتمد البحث على دراسة عدة محاور وهي: -

أولاً: دراسه نظم هندسة التحكم الآلي وذلك من خلال التعرف على بعض المصطلحات الخاصه بها ودراسه أنواع نظم التحكم الآلي ومكوناتها وطرق إستخدامها.

ثانياً : دراسة صناعة الزجاج المعماري والربط بينه وبين نظم التحكم الآلي وذلك من خلال دراسة خط إنتاج الزجاج المسطح ودراسة ماكينات التشغيل التي تهئ الزجاج وتؤهله للتوظيف في المجال المعماري وكيفية التحكم الآلي بكل منها.

ثالثاً : دراسة تحليليه لبعض الأعمال الزجاجيه في العمارة الداخلية والخارجيه والتطرق إلى مراحل تصنيع كل منها للوصول إلى الشكل النهائي لها ملبياً المتطلبات الوظيفيه والجمالية للعماره.

أولاً: نظم هندسة التحكم الآلي:

لدراسه نظم التحكم الآلي وربطه بمجال صناعة الزجاج يجب التعرف على بعض المصطلحات الخاصه به ومنها:

١-هندسة التحكم Control engineering

تعد أحد الحقول الدراسية الهامة والتي اكتسبت اهتماماً كبيراً في القرن العشرين خلال التقدم التكنولوجي. وبشكل اوسع يمكننا تعريفها بأنها التطبيق العملي لنظرية التحكم وتلعب دوراً أساسياً في مجال واسع في تصميم الاجهزة والأنظمة في جميع المجالات ابتداءً بآلات الغسيل المنزلية البسيطة مروراً بماكينات الإنتاج ووصولًا إلى الصواريخ والمركبات الفضائية.

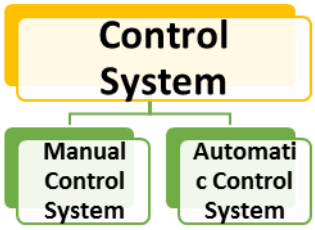
٢- النظام system :

ويقصد بأي نظام الحصول على مخرجات بناء على عملية تجرى على المدخلات.

شكل (١) يوضح مفهوم النظام

٣- نظام التحكم control system

يقوم نظام التحكم بإدارة أو إعطاء أوامر أو توجيه أو تنظيم سلوك الأجهزة أو الأنظمة الأخرى باستخدام حلقات التحكم. يمكن أن يتراوح من متحكم تدفئة منزلية واحدة باستخدام منظم حرارة يتحكم في السخان المنزلي، إلى أنظمة تحكم صناعية كبيرة تُستخدم للتحكم في العمليات أو الآلات.



شكل (٢) يوضح انواع التحكم اليدوي والألي

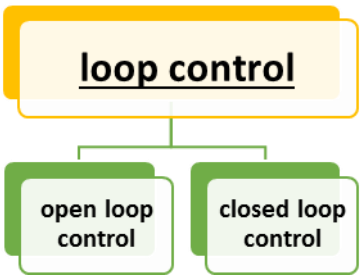
ومن الممكن تحقيق بعض العمليات بكل من النظامين فهناك العديد من عمليات انتاج الزجاج يتم التحكم بها بالنظام اليدوي وأخرى ألية التحكم كما يمكن إنتاج منتج زجاجي بالطريقة اليدوية ويمكن إنتاج نفس المنتج بالطريقة الآلية، ومن المؤكد أنه يوجد اختلاف كبير بين النظامين حيث يتميز النظام الآلي في العديد من الخواص مثل توفير القوة البدنية وتوفير الوقت وتحقيق الدقة العالية وتوفير الطاقة وغيرها من المميزات التي قد لا يستطيع النظام الأخر تحقيقها ولذلك تدور تلك الدراسة حول التحكم الآلي ونظمه، وقبل الخوض في انظمة التحكم يجب التطرق الى نوع التحكم داخل النظام وهو ينقسم إلى نوعين (التحكم مفتوح الحلقة ومغلق الحلقة).

التحكم مفتوح ومغلق الحلقة :-

ينقسيم التحكم الآلي داخل النظام حسب شكل العقدة (الدائرة) إلى

1- تحكم مفتوح الحلقة (open-loop control)

2- تحكم مغلق الحلقة (closed-loop control)



شكل (٣) يوضح التحكم مفتوح ومغلق الحلقه

أولاً التحكم مفتوح الحلقة .

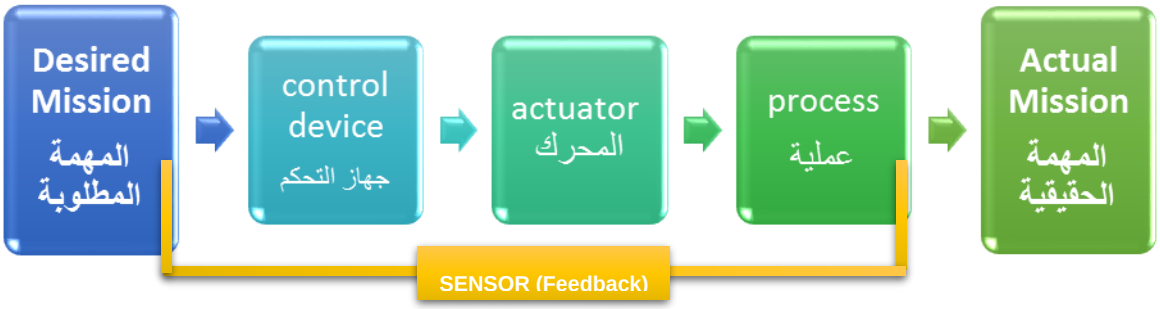
وفيه يعمل المتحكم بشكل مستقل عن المخرجات. وكمثال على ذلك، يمكننا أن نفترض ماكينه كهربائية لمعالجة سطح الزجاج تعمل فقط تحت تأثير عداد الزمن في هذا النظام، تقوم الماكينة بتحريك لوح الزجاج لتعرض السطح للمضخات المعالجة للسطح إلى أن يصل المؤقت الزمني لنهايته. وبالتالي تكون المدخلات لهذا المتحكم هي مخرجات العداد، والمخرجات للمتحكم هنا هي مساحة سطح الزجاج المعالج. تستمر الماكينة في الضخ حتى ولو انتهت القطعة الزجاجية لصغر حجمها أو انه لا يكتمل معالجة السطح لكبر حجم سطح الزجاج مع انتهاء الفتره المحددة في المؤقت الزمني.

في هذا النظام يكون المتحكم هو الماكينة، ومدخلات النظام هي قيمة العداد الزمني. أما المخرجات فهي الفعل (معالجة السطح بالكامل او عدم اكتماله) والزمن هو المتغير الذي يتم التحكم فيه.

شكل (٤) يوضح النظام مفتوح الحلقة بدون التغذية الراجعة.

ثانيا التحكم مغلق الحلقة

وفيه يعتمد عمل التحكم على المخرجات. وكمثال على ذلك، الماكينة التي قمنا بعرضها كمثال سابق تم تعديلها بحيث تحتوي على حساس لإستشعار وجود الوح الزجاجي، وعندما تصل القطعه للنهايه مع اكتمال معالجة السطح يقوم المحرك بالتوقف مباشرة لإيقاف قطعة الزجاج مع توقف المضخات أيضا حتى يتم استبدالها وذلك وفقا للأوامر المرسله من الحساس والتي تسمى بالتغذية الراجعة والتي تهدف لمحاولة تقليل الخطأ لأقصى درجة.



شكل (٥) يوضح النظام مغلق الحلقة مستعيناً بالتغذية الراجعة.

مميزات نظام التحكم مغلق الحلقة :

1- قادر على التجاوب مع متغيرات النظام بسبب التغذية الراجعة. ٢- نسبة الخطء تكاد تكون منعدمة.

2- عدم إهدار الجهد والطاقة والخامة والوقت. ٣- أكثر دقة من نظام التحكم مفتوح الحلقة.

ولمعرفة الكيفية وراء التحكم بالحركة الميكانيكية بشكل منتظم ودقيق وسريع يجب دراسة النظم التالية:

أولا: التحكم المنطقي القابل للبرمجة .PLC (Programmable Logic Controller)

وهو إحدى انواع التحكم الآلي والذي يعرف اختصاراً PLC ، هو حاسوب رقمي قابل للبرمجة والتعديل يستعمل في اتمام العمليات الكهروميكانيكية.، يختلف الحاسوب المستخدم في التحكم الصناعي PLC عن الحاسوب الشخصي (PC) في تركيزه على إدارة عمليات الإدخال والإخراج المنطقي وعمليات القياس والتحكم التماثلي وذلك بفضل وحدات الإدخال والإخراج المختلفة.

مكونان جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة :

١- وحدة المعالجة المركزيه (المعالج) CPU (PROCESSOR) : وهي من أهم المكونات وتعد عقل الجهاز المسؤل عن تنفيذ التعليمات (البرنامج) والعمليات التي تتم بها تسمى بعمليات التشغيل أو المعالجة والبيانات التي يتم تشغيلها عبارة عن إشارات ثنائية.

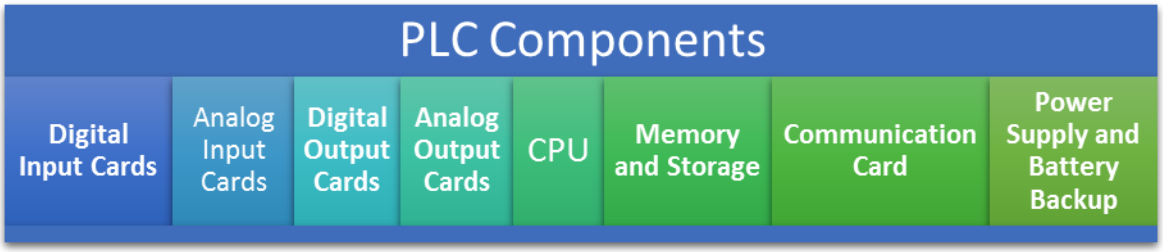
٢- وحدة الدخل INPUT UNIT : وهي بمثابة جهاز يتلقى إشارات كهربائيه ثنائيه يقوم بتهيئتها لتتلائم مع الجهد والتيار المطلوبين لوحدة التحكم المركزي وتنقسم إلى وحدات دخل تماثلية ورقمية.

٣- وحدة الخرج OUTPUT UNIT : تقوم بتحويل الإشارة الناتجة من وحدة التحكم المركزية إلى إشارات كهربائية ثنائية في صورة جهد كهربائي صناعي بفيمه ٢٤ فولت وتنقسم أيضاً إلى وحدات خرج تماثلية ورقمية.

٤- الذاكره MEMORY : تعد الذاكرة بمثابة مخزن يتم فيه حفظ التعليمات ومن ثم تقوم وحدة المعالجة بالتعامل مع تلك التعليمات الموجوده في هذا المخزن

٥- وحدة الاتصال Communication Card: الغرض الرئيسي من هذه الوحدة هو تبادل البيانات بين الجهاز ووحدة أخرى مثل الحاسوب الشخصي أو جهاز PLC اخر.

٦- وحدة الإمداد بالطاقة وبطارية الدعم POWER SUPPLY AND BATTER YBACKUP UNIT : تعمل على تحويل الجهد الكهربائي من ٢٢٠ أو ١١٠ فولت إلى الجهد الصناعي المطلوب وهو ٢٤ فولت أما بطارية الدعم فتستعمل لحفظ نظام التشغيل والبرنامج عند انقطاع الطاقة الكهربائية لفترة من الوقت.



شكل (٦) يوضح مكونات جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة

برمجة جهاز التحكم الرقمي :

يعمل جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة بنظام تشغيل خاص به بحيث يستطيع ترجمة البرنامج المخزون (بشكل مصفوفة أو قاعدة من البيانات).

عند تنفيذ البرنامج يتم دائما قراءة وتنفيذ العمليات من اليسار إلى اليمين ومن الأعلى للأسفل سطر بسطروهنا تكمن الأسبقية وضمان عدم احتمالية التعارض مقارنة بطرق التحكم التقليدية بواسطة الريليهات والمفاتيح .

توجد أربعة أنواع شهيرة لتمثيل البرنامج المراد كتابته إلى PLC وهي:

الشكل السُلمي: Ladder Diagram ويشبه مخططات الدوائر الكهربائية ولذا يكون مناسبا كثيرا لمصممي الدوائر الكهربائية لسهولة التحويل.

شكل سرد تعبيري: Statement List يشبه لغة التجميع في البرمجة الدنيا حيث تترجم العمليات المنطقية إلى كلمات ومتغيرات تسرد سطر بسطر.

الشكل الوظيفي: Functional Block Diagram تكون جميع العمليات المنطقية عبارة عن مربعات بداخلها اسم الوظيفة وعلى يسار المربع تكون المدخلات وعلى يمينه المخرجات.

الشكل المجدول: Structure List حيث تعطى أشكال البوابات الرقمية المألوفة وجداول الصواب والخ

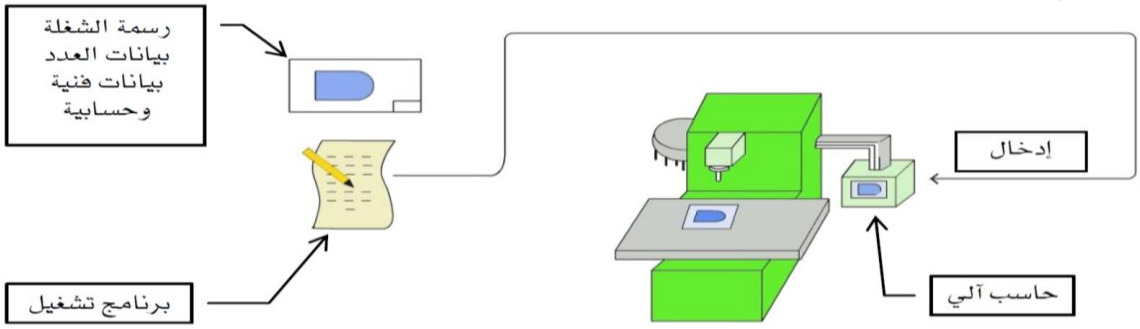
شكل (٧) يوضح اشهر انواع التمثيل البرمجي للتحكم المنطقي القابل للبرمجة

شكل (٨) يوضح جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة

شكل (٩) يوضح جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة في ماكينات خاصة بصناعة الزجاج

ثانيا: التحكم الرقمي بالحاسب .(CNC) (Computer Numerically Controlled machine)

هو نظام تحكم رقمي مضاف إليه حاسب آلي ذو ذاكرة لحفظ البرامج غير منفصل عن الآلة . الحاسب يحتوي على وحدة تحكم (Machine Control Unit) تقوم بتحقيق ومعالجة برنامج التشغيل ومقارنته بالحركات العامة التي باستطاعة الآلة القيام بها، وحدة التحكم تحتوي على برجميات (Soft Ware) تخزن برامج التشغيل بحيث لا تمحى عندما تتوقف الآلة عن العمل، ويمكن يعادة تشغيل البرنامج بشكل متكرر للحصول على آلاف المشغولات المصنعة و الحاسب يحتوي على لوحة مفاتيح ذات أحرف وأرقام لإدخال البرجمة وهو مزود بشاشة تقوم بعرض برنامج التشغيل ومسار الأداة والناتج الذي يمكن من خلاله معرفة الأخطاء في برنامج التشغيل، في حالة (CNC) فإننا نقوم بكتابة أوامر حركية للماكينة لتقوم بتنفيذها سطراً سطراً، سلسلة الأوامر هذه تدعى برنامج الـ .G-Code حركة الطاولة (التي تثبت عليها القطعة المشغولة)، وحركة الأداة (القطع) وسرعة دوران الأداة والأوامر الثانوية مثل تغيير الأداة وتشغيل وإطفاء التبريد والشفط والتثبيت ستكون كلها متواجدة في هذا البرنامج. يقوم البرنامج بإعطاء الأوامر بشكل تتابعي لجميع المحركات (Motors) والمتحكمات وأدوات الماكينة للقيام بالعمليات التي طلبها المصمم من خلال كتابة الأوامر تجعل من السهل تنفيذ عمليات معقدة.



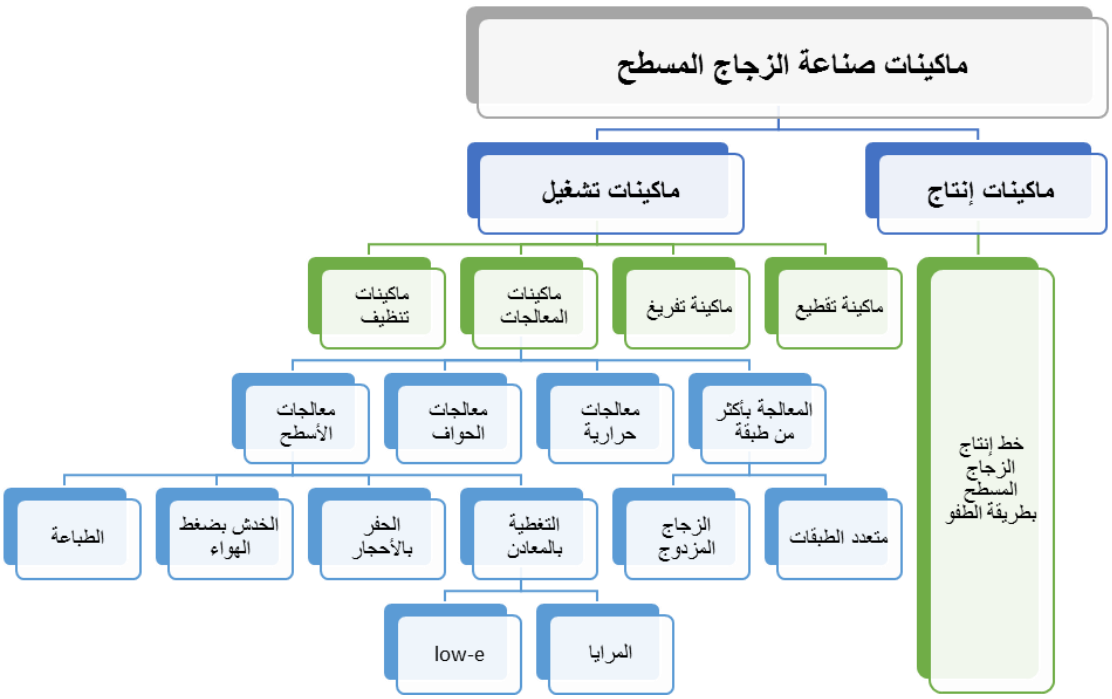
شكل (١٠) يوضح مكونات نظام CNC

البرامج المستخدمة في نظام التحكم الرقمي بالحاسب(CNC)			
تصنيف البرامج	الحاسوب	دور البرامج	من أنواع البرامج
برامج الرسم بالحاسوب (CAD Software)	حاسوب شخصي	تستخدم برامج رسم الحاسوب لبناء الشكل أو المجسم المطلوب بالأبعاد المرغوب بها وفقا للتصميم	AutoCAD, Illustrator, CorelDraw SolidWorks , Inventor
برامج الماكينة (CAM Software)	حاسوب الماكينه	هي برامج يتم استخدامها لتوليد توجيهات حركية لأدوات ماكينة (CNC) للسير في مسارات لتحقيق منتج مطابق لما تم رسمه	Vectric ApsirePowerMill, MasterCAM, HSMWorks, CopperCAM, ArtCAM

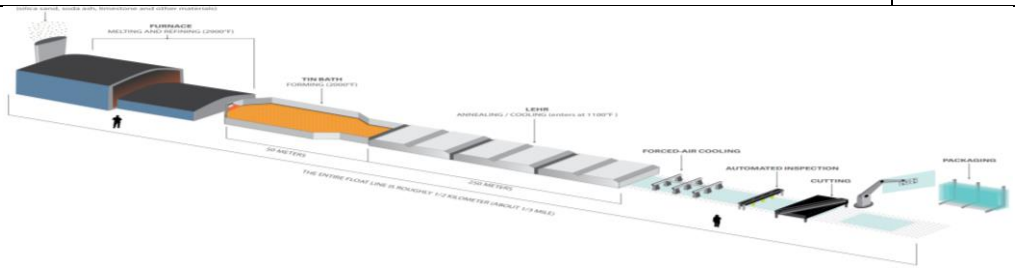
مميزات وعيوب آلة التحكم الرقمي المزود بالحاسب الآلي CNC :

مميزات CNC	عيوب CNC
أكثر فعالية	تكاليف الإستثمار عالية
عدم الإعتماد على المستخدم مع ثبات جودة المنتج	ارتفاع تكاليف الصيانه والخدمة
دقة عالية في زمن تشغيل أفضل	سرعة التعرض للخلل
سهولة الإنتاج الكمي لمنتجات متطابقة	زمن تجهيز طويل
تقليل نسبة التالف	
إستغلال أفضل للعدد والأدوات	

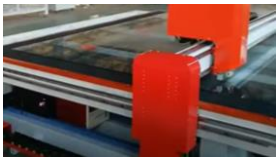
ثانياً: الماكينات المستخدمة في صناعة الزجاج المسطح المعماري وكيفية التحكم الآلي بها :

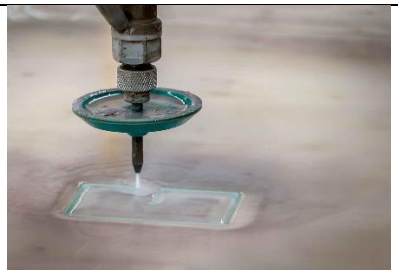
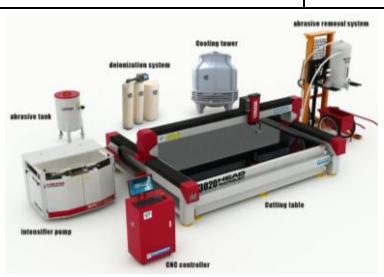


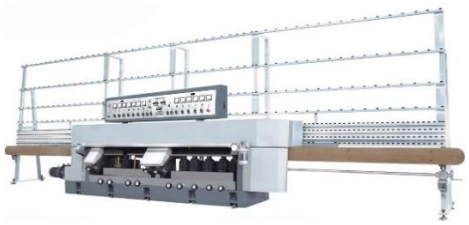
شكل (١١) يوضح تصنيف ماكينات صناعة الزجاج المسطح المعماري من حيث الإنتاج والتشغيل[١]

أولاً : ماكينات إنتاج الزجاج المسطح المعماري				
ماكينة إنتاج الزجاج المسطح بطريقة الطفو				
الوظيفة	تحويل المواد الخام إلى ألواح زجاجية مسطحة			
طريقة العمل	يبدأ صنع الزجاج المسطح بمزج المواد الخام من السيليكا ورماد الصودا والحجر الجيري والدولوميت[٢] حيث يتم خلط هذه المواد معاً مضاف إليها نسبة من كسر الزجاج المصنع مسبقا ويتم وضع و توزيع تلك الخلطه أليا في خزانات تعلو فرن الصهر ويتم تغذيته بها لتنصهر عند درجة حرارة تصل إلى ١٦٠٠ درجة مئوية ثم يتم تغذية المصهور لأحواض تعمل على خفض درجة حرارته إلى ١٢٠٠ درجة مئوية لتهيئته للتدفق وتعويمة فوق القصدير السائل حيث ينتشر بالتساوي فوقه وفقاً لخاصية التوتر الصطحي ولا يغرق فيه لكونه أقل في الكثافه عن القصدير وتتميز تلك الطريقة بتسطيح الزجاج بشكل منتظم والحد من التشوهات، يتم خفض درجة الحرارة حتى تصل إلى ٦٠٠ درجة مئوية يتحول فيها المصهور إلى شرائح زجاجية صلبة، تستمر عملية التبريد حتى تصل الألواح الزجاجية لدرجه حرارة ٥٠ درجة مئوية ثم يترك للتبريد في درجة الحرارة المحيطة، يتم مراقبة الزجاج بالكاميرات لإستبعاد الأجزاء التي تحتوي على عيوب كالفقاعات أو أي أشياء أخرى، وفي نهاية خط الإنتاج يتم قطع الشريط الزجاجي عند كلا الحافتين ثم التقطيع إلى ألواح وفقا للمقاسات القياسية أو المطلوبة، ثم ترش بمسحوق فصل لمنع الألواح الزجاجية من الإلتصاق وتجنب الخدوش ثم التغليف إستعدادا لعمليات النقل وإجراء المعالجات الخاصة.			
التحكم الآلي	نوع النظام	التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)		
	طريقة التحكم	ينفذ الأوامر المدخلة بشكل دقيق من حيث حركة الأله في توزيع الخلطات وتغذيتها لفرن الصهر والتحكم في درجة الحراره في كل مرحلة وحركة الألواح وتقطيعها ونقلها ويتيح التدخل اثناء المراقبة ، ويمكن تعديل البرمجه وفقا للمتغيرات		
شكل خط الإنتاج				
	ألواح من الزجاج المسطح الخام يختلف فيما بينها من حيث المتغيرات التالية			
	سمك الزجاج	يمكن الحصول على ألواح زجاج مسطح سمك (٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٨ ، ١٠ ، ١٢ ، ١٥ ، ٢٠) مم		
	لون الزجاج	**شفاف**	قياسي	زجاج شفاف يحتوي على نسبة من الخضار لوجود نسبة من الحديد
			منخفض الحديد	ذو شفافية عالية لإنخفاض نسبة الحديد وله خواص بصرية عالية
			اللون	**الأكسيد المسبب للون**

المنتج			الأخضر	الحديد
		ملون	اليرونزي	الحديد والكبريت أو السيلينيوم
			الأزرق	النحاس والكوبالت
			الرمادي	السيلينيوم والكوبالت والحديد
	الخواص الميكانيكية والفيزيائية للزجاج المسطح بالصودا والجير			
	الكثافة	2,500 kg/m3	معامل الحجم[٣]	45 GPa
	الصلابة	545 - 605 kg/mm2	استطالة (٪)	< 0.1%
	نسبة بواسون[٤]	0.22 - 0.23	التوصيل الحراري	1.00 W/(m . K)
	معامل يونغ[٥]	72 GPa	التمدد الحراري	8.5 - 9.0 x 10-6 /°C
	معامل القص	30 GPa	الحرارة النوعية	837 J/(kg .K)

ثانياً : ماكينات تشغيل الزجاج المسطح المعماري		
1- ماكينة تقطيع الزجاج أليا		
الوظيفة	تقطيع ألواح الزجاج الخام إلى المقاسات المطلوب توظيفها في العمارة	
طريقة العمل	تحتوي الماكينة على منضدة يثبت عليها الزجاج بشفط الهواء بشكل أفقي ، وتحتوي على رأس تتحرك في المحورين مع الضغط أثناء التحريك وفقا للخطوط المرسومه محدثة خدش في سطح الزجاج مما تتيح فصل قطع الزجاج من اللوح.	
التحكم الآلي	**نوع النظام**	التحكم الرقمي بالحاسب (CNC)
	طريقة التحكم	إعداد المقاسات والشكل الخارجي لقطع الزجاج على برامج (CAD) ثم تغزية الماكينة بها من خلال برامج (CAM) لتقوم الماكينه بتنفيذ الأوامر المطلوبه
شكل الماكينة		
المنتج	قطع من الزجاج المسطح محدد الأبعاد حاد الحواف يتطلب العديد من المعالجات	
ثانياً : ماكينات تشغيل الزجاج المسطح المعماري		
٢- ماكينة تفريغ الزجاج أليا (بضغط الماء)		
الوظيفة	تفريغ مساحات من سطح الزجاج لتحقيق مطلب وظيفي او جمالي	
طريقة العمل	يثبت الزجاج بشكل أفقي وتقوم الرأس بالتحريك فوقه في المحورين وتقوم بضغط الماءالمصاحب للرمال في الأماكن المراد تفريغها محدثة فتحات لها أشكال وفقا للرسومات المسبقة	
التحكم الآلي	**نوع النظام**	التحكم الرقمي بالحاسب (CNC)

	طريقة التحكم	إعداد رسومات الفتحات المطلوبة على برامج (CAD) ثم تغزية الماكينة بها من خلال برامج (CAM) لتقوم الماكينه بتنفيذ الأوامر وتفريغها.
شكل الماكينة	 	
المنتج	قطع من الزجاج المسطح الخام مفرغ وفقاً للرسومات المعده له.	

ثانياً : ماكينات تشغيل الزجاج المسطح المعماري		
٣- ماكينة المعالجات - أ – معالجات الحواف		
الوظيفة	مساواة وتنعيم وتلميع حواف الزجاج الخارجية لتحسين المظهر ورفع معامل الأمان.	
طريقة العمل	يتحرك الزجاج بشكل رأسي على سير لمروره على مجموعة من الأحجارالتي تدور بسرعه محدده وفي زاوية محددة والتي تعمل على مساواه الحواف ثم تنعيمها ثم تلميها مستعينا بالمياه كوسيط ويتم معالجة كل جانب على حدا.	
التحكم الآلي	**نوع النظام**	التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)
	طريقة التحكم	التحكم من خلال برمجة جهاز (PLC) الخاص بالماكينه في سرعة السير والمسافة بين الأحجار وزاوية ميل الحجر وسرعته والتي يعاد برمجتها حسب سمك الزجاج وشكل الحواف المطلوبه
شكل الماكينة		
المنتج	قطع من الزجاج المسطح ذو حواف خارجية مستوية وناعمة و لامعة.	

ثانياً : ماكينات تشغيل الزجاج المسطح المعماري		
٣- ماكينة المعالجات - ب – معالجات حرارية		
الوظيفة	تقسية الزجاج حراريا	
طريقة العمل	يتحرك الزجاج بشكل أفقي على درافيل لإدخاله فرن ترفع درجة حرارته حتى تقترب من درجة ليونة الزجاج والتي تقدر من ٦٢٠ – ٦٤٠ درجة مئوية متحركاً على عجلات لتقليل مساحة التلامس ثم ينتقل لفرن التبريد ليتم تبريده بسرعه عالية مغيراً من خواص الزجاج	
	نوع النظام	التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)

التحكم الآلي	**طريقة التحكم**	التحكم من خلال برمجة جهاز (PLC) الخاص بالماكينه في السرعة ودرجة الحرارة والتي يعاد برمجتها حسب سمك الزجاج
شكل فرن التقسية الحرارية		
المنتج	قطع من الزجاج المسطح المقسى حرارياً له قوى تحمل للصدمات اكبر من الزجاج العادي خمس أضعاف ويتحمل درجات حرارة تصل إلى ٣٠٠ درجة وذلك لتأهيله للإستخدام في مجال الزجاج المعماري ، مع مراعاة انه لا يمكن قصه أو تفريغه بعد معالجته.	

ثانياً : ماكينات تشغيل الزجاج المسطح المعماري		
٣- ماكينة المعالجات - ج – معالجه بأكثر من طبقة – ١-(الأوتوجلاف) فرن الزجاج متعدد الطبقات		
الوظيفة	تحويل قطع الزجاج المنفرد إلى كتله مصمتة متعددة الطبقات عالية الأمان	
طريقة العمل	يتم تجهيز الزجاج مسبقا من تقطيع ومعالجة الحواف والمعالجات الحرارية إن طلبت وغيرها من المعالجات ثم التنظيف والتجفيف ثم يتم وضح قطعة الزجاج ثم رقائق البولي فينيل بوتيرال(PVB) ثم قطعه الزجاج الأخرى وتكرر العملية وفقا لعدد الطبقات المطلوبه ثم تفريغ الهواء بينهم والتعرض للضغط والحرارة حتى يتم الإلتصاق التام بين جميع الطبقات وذلك داخل الأوتوجلاف حيث يتعرض الزجاج لدرجة حرارة ٢٨٠ درجة فهرنهايت وضغط يعادل ١٢ ضعف الضغط العادي لمدة تصل إلى ساعتين.	
التحكم الآلي	**نوع النظام**	التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)
	طريقة التحكم	يتم تجهيز مكونات الزجاج يدوياً ووضعها داخل فرن الأوتوجلاف يدوياً ويتم التحكم التشغيل و الإيقاف والتحكم في الحراره والضغط والزمن من خلال (PLC)
شكل فرن الأوتوجلاف		
المنتج	كتله من الزجاج المسطح متعدد الطبقات له خواص متعدده من عدم الإنتشار أثناء الكسر وصعوبة الإختراق ورفع قوة التحمل ويمكن التحكم في خواصه البصرية والجماليه وفقا للمتطلبات.	

ثانياً : ماكينات تشغيل الزجاج المسطح المعماري		
٣- ماكينة المعالجات - ج – معالجه بأكثر من طبقة – ٢- خط انتاج الزجاج المزدوج		
الوظيفة	تحويل قطع الزجاج المنفرد او متعدد الطبقات إلى كتله بداخلها مساحه فارغة لإكسابه خواص جديده	
طريقة العمل	يتم تجهيز الزجاج مسبقا من تقطيع ومعالجة الحواف والمعالجات الحرارية أو الزجاج متعدد الطبقات إن طلب وغيرها من المعالجات ثم التنظيف أليا وإعداد الإطار المكون للفراغ الداخلي وحقنه بمادة السيليكا جل الماصه للرطوبه ثم وضع الماده الاصقه أليا ثم تثبيتها على سطح الزجاج ووضع الماده اللاصقه مره أخرى من الأعلى أليا ثم وضع طبقة الزجاج الأخرى فوقه ثم يحقن بغاز خامل في الفراغ الداخلي بينما الفراغ الخارجي بين قطعتين الزجاج يملأ أليا بماده سيليكون خاصه ثم الذهاب لمرحلة التجفيف	
التحكم الآلي	**نوع النظام**	التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)
	طريقة التحكم	التحكم من خلال برمجة جهاز (PLC) الخاص بخط الإنتاج من خلال تحديد شكل وأبعاد قطع الزجاج المطلوبه وشكل وسمك الإطار الداخلي للفراغ
شكل خط الإنتاج		
المنتج	كتله من الزجاج المزدوج (اكثر من قطعه زجاج بينهما فراغ داخلي) له خواص متعدده من العزل الصوتي والحرارة ويمكن التحكم في رفع خواصه بإستخدام زجاج متعدد الطبقات أو معالجات لأسطح الزجاج المستخدم.	

ثانياً : ماكينات تشغيل الزجاج المسطح المعماري		
٣- ماكينة المعالجات - ج – معالجه الأسطح – ١- ماكينات الطباعة الرقمية		
الوظيفة	طباعه الملونه على سطح الزجاج	
طريقة العمل	يثبت الزجاج بشكل أفقي وتقوم الرأس بالتحريك فوقه في المحورين وتقوم بطباعة الملونات في الأماكن المراد طباعتها وفقا للرسومات المسبقة ثم تثبيت الألوان المطبوعة بالأشعه الفوق البنفسجية أو بالحراره وفقا لنوع الماكينة المستخدمة	
التحكم الآلي	**نوع النظام**	التحكم الرقمي بالحاسب (CNC)
	طريقة التحكم	إعداد الرسومات المراد طباعتها على سطح الزجاج مسبقاً ثم تغزية الماكينة بها من خلال برامج (CAM) لتقوم الماكينه بتنفيذ أوامر الطباعه.

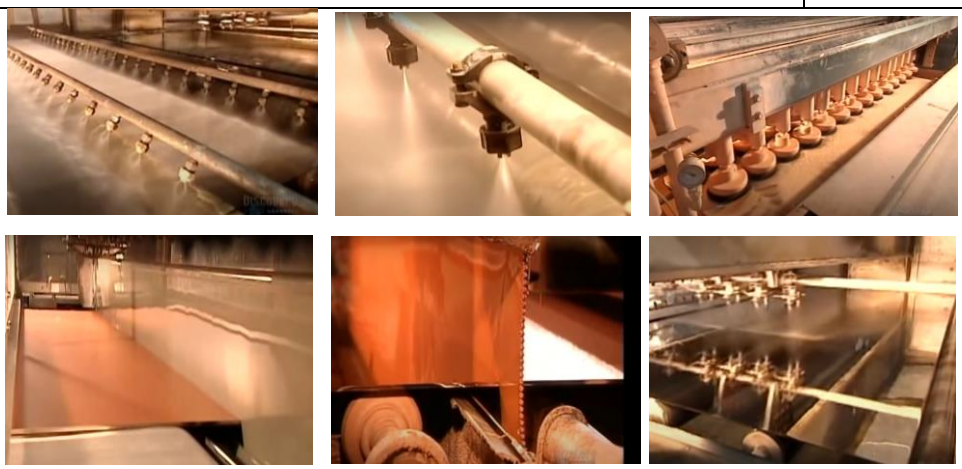
شكل الماكينة	
المنتج	قطع من الزجاج المسطح ذو مظهر جمالي من خلال الطباعه الملونه على سطحه

ثانياً : ماكينات تشغيل الزجاج المسطح المعماري		
٣- ماكينة المعالجات - ج – معالجه الأسطح – ٢- ماكينات الخدش بضغط الهواء		
الوظيفة	خدش سطح الزجاج لإكسابه مظهر رمادي اللون وجعل الزجاج نصف شفاف	
طريقة العمل	يثبت الزجاج بشكل رأسي على سير الماكينه ويقوم السير بتحريك الزجاج داخل غرفة ليتم ضغط الهواء المصاحب للرمال الناعمه أو برادة الحديد على سطح الزجاج محدثا تأكل دقيق يعمل على كسر شفافية الزجاج وتحويله إلى نصف شفاف يسمح بنفاذ جزء من الضوء ويحجب الرؤيه محدثا مظهراً رمادي اللون ويتم تحريك الزجاج حتى يكتمل معالجة السطح بالكامل والخروج من الجهة الأخرى كما يمكن تغطية أجزاء من سطح الزجاج للمحافظة علية شفاف محدثا بعض الرسومات.	
التحكم الآلي	**نوع النظام**	التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)
	طريقة التحكم	التحكم من خلال برمجة جهاز (PLC) بتحديد أبعاد قطع الزجاج المطلوبه
شكل الماكينة		
المنتج	قطع من الزجاج المسطح النصف شفاف ذو مظهر رمادي اللون (كلي أو جزئي)	

ثانياً : ماكينات تشغيل الزجاج المسطح المعماري	
٣- ماكينة المعالجات - ج – معالجه الأسطح – ٣- ماكينات الحفر بالأحجار	
الوظيفة	الحفر بالأحجار على سطح الزجاج
طريقة العمل	يثبت الزجاج بشكل أفقي ويعلوه رأس مثبت بها حجر يدور بسرعه عاليه وتختلف أنواع الأحجار من أحجار للحفر وأحجار للتنعيم وأحجار للتلميع وتقوم الرأس بالتحريك فوقه في المحورين لحفر الخطوط مستعينا بالماء كوسيط ويوجد أشكال من تلك الخطوط وفقا لشكل الحجر فمنها على حرف (V أو U) كما يختلف سمك الخط وفقاً لسمك الحجر،ويوجد من تلك الماكينات التي تتمكن من عمل فتحات داخليه في الزجاج بإستخدام الأحجار كما يمكن تلميع الحواف الداخلية لها مثل فتحات المناوله والمحادثة في

	الزجاج، وتقوم الرأس بالتبديل بين تلك الأحجار بطريقة ألية وفقا للرسومات المسبقه والإعدادات الموضوعه على البرامج الخاصه بها.	
التحكم الآلي	**نوع النظام**	التحكم الرقمي بالحاسب (CNC)
	طريقة التحكم	إعداد الرسومات المراد حفرها على سطح الزجاج أو الفتحات المطلوبه في الزجاج مسبقاً على شكل خطوط على برامج (CAD) ثم تغزية الماكينة بها من خلال برامج (CAM) وإضافة بعض الخصائص على تلك الرسومات من خلال سمك الحجر وشكله وشفاف أو نصف شفاف أم قطع في الزجاج وذلك لتحديد مراحل العمل وإختيار الأحجار المناسبة لكل مرحلة ألياً.
شكل الماكينة		
المنتج	قطع من الزجاج المسطح به خطوط محفوره على السطح أوبه فتحات وفقاً للرسومات المعده له.	

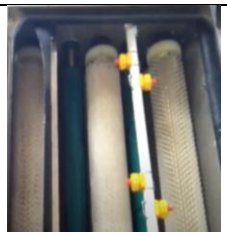
ثانياً : ماكينات تشغيل الزجاج المسطح المعماري	
٣- ماكينة المعالجات – ج – معالجه الأسطح -٤- معالجه التغطية بالمعادن – أ- خط انتاج المرايا	
الوظيفة	تحويل الزجاج الشفاف إلى مرايا
طريقة العمل	يوضع الزجاج بشكل أفقي ألياً على درافيل ويتم تحريكه لفرش تتحرك حركة دائرية مصاحبة لمسحوق أكسيد السيريوم لتلميع وتنظيف كل من الأسطح العلوية والسفلية من الملوثات والشوائب حيث تستغرق هذه المرحلة دقيقة لكل لوح ثم رش الزجاج بالماء منزوع المعادن (حيث أن المعادن الموجوده في المياه العادية تؤثر على جوده المعادن المستخدمة لاحقاً) ويعد المعدن الأول هو القصدير المسال الذي يتم رشه على سطح الزجاج حيث يساعد على تثبيت الفضه عليه لأن الفضه لا يمكن تثبيتها على سطح الزجاج بمفردها يتم رش المعدن الثاني وهو الفضه مصاحب لبعض المنشطات الكميائية لتتفاعل مع القصدير ويتم تثبيتها في غضون ثواني قليله محدثة المظهر العاكس ثم يتحرك الزجاج تحت رشاشات من المياه التي تعمل على إزالة الفضة الزائده وإعادة تدويرها مره أخرى ثم يتحرك الزجاج ماراً على ستاره من المعدن الثالث وهو النحاس المسال لتغطية سطح الزجاج وحماية طبقة الفضة على المدى الطويل ثم ينتقل الزجاج لرشاشات ماء للتخلص من النحاس الزائد ثم المرور بمجفف عند درجة حراره ٧١ درجة مئويل للتخلص من الرطوبه في خلال ٧٥ ثانيه ثم الإنتقال إلى ستاره أخرى من الطلاء لتغطية الطبقات المعدنية السابقة ثم يمر بفرن يسخن فيه الزجاج لدرجة ٩٩ درجه مئوية لتثبيت الطلاء ويستغرق دقيقة و ٤٥ ثانيه ثم يتجه إلى ستاره من الطلاء الثاني لإكسابه مزيد من الثبات والمقاومه ولكن في هذه المرحله ترفع درجة الحراره إلى ١١٨ درجة ويستغرق ضعف المدة السابقه ثم يتجه للتنظيف والفحص والتخزين.

التحكم الآلي	**نوع النظام**	التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)
	طريقة التحكم	التحكم من خلال برمجة جهاز(PLC) الخاص بالماكينه من خلال تحديد أبعاد اللوح الزجاجي وسرعته مما يحدد كمية الفضه والنحاس الموضوعه على السطح
شكل الماكينة		
المنتج		ألواح من زجاج المرايا المعتمه تماما وتعكس الصوره بشكل كامل وتتطلب بعض مراحل التشغيل للتوظيفها في العماره من تقطيع ومساواه للحواف والحفر بالأحجار أو الخدش بالرمال إن طلب.

ثانياً : ماكينات تشغيل الزجاج المسطح المعماري	
٣- ماكينة المعالجات – ج – معالجه الأسطح -٤- معالجه التغطية بالمعادن – ب - خط انتاج الزجاج منخفض الإنبعاث LOW-E	
الوظيفة	طلاء الزجاج الشفاف بطبقات من المعادن لخفض الإنبعاث low-e
طريقة العمل	تعتمد هذه المرحله في المعالجه بتغطية سطح الزجاج بجزيئات معدنيه من بطبقات شفافة بصرياً والتي تتكون من أنقا المواد مثل التيتانيوم والفضه والزنك ويبدأ خط الإنتاج بوضع الزجاج افقيا على درافيل يتحرك متجها إلى مرحله الغسيل بإستخدام ماء منزوع الأيونات ثم تمريره عبر مجفف هواء عالي الضغط لضمان الحصول على أنظف سطح ممكن ثم يتحرك للدخول إلى خط الطلاء واللذي يبلغ طوله ٤٢٠ قدماً وتكون الخطوة الأولى فيه هي غرفة التفريغ حيث ينتقل الزجاج من الضغط الجوي المنتظم إلى ضغط منخفض للغاية وتعمل كل غرف التفريغ على التوالي لتقليل الضغط تدريجيا ثم ينتقل الى قلب غرف الطلاء والمصممة خصيصا لعمليه الطلاء بالترسيب على سطح الزجاج والتي تسمى برش المغنطرون[٦]حيث تحتوي غرفة الكاثود على مغنطرون عالي الجهد عند تنشيطه يتفاعل مع غاز خامل يدخل إلى الغرفة مكوناً بلازما موجبة الشحنة تنجذب أيونات البلازما إلى مادة الطلاء التي تقصفها وتطرد الذرات الفردية، يتم تطبيق الذرات بالتساوي على سطح الزجاج لإنتاج طبقة رقيقه لطلاء أنيق ويتضمن خط الطلاء ما يصل الى ٦٧ كاثوداً مصنوعاً لمجموعة مختلفة من مواد الطلاء في مسار واحد من البسيط نسبياً إلى الأكثر تعقيداً ولكن بغض النظر عن عدد الطبقات التي يتم تطبيقها فإن مجموعه الطلاء الكاملة لا يزيد سمكها عن جزء من عشرة ألف من المليميتر، ثم يتم مراقبة الزجاج عند خروجه

	بالكاميرات والأدوات المتطورة للفحص العيوب المحتمله والتحقق من التغذية المطلوبة ثم القص والتعبئه والتغليف لتجهيزه للتشغيل في مجال العماره	
التحكم الآلي	**نوع النظام**	التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)
	طريقة التحكم	التحكم من خلال برمجة أجهزة (PLC) حيث يوجد كم كبير منها فلكل غرفة حاسوب خاص بها يمكننا من التحكم في المرحلة الخاصة به .
شكل الماكينة		
المنتج	ألواح من الزجاج المنخفض الإنبعاث حيث يعكس الطاقة الحرارية والأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية كما يساعد على تحسين كفاءة الطاقة وعزل المباني عن طريق الحد من انتقال الحرارة عبر الزجاج كما يعمل على مرور معظم الضوء المرئي. وتتطلب تلك الألواح بعض عمليات التشغيل لتكون جاهزه للتوظيف في مجال العمارة.	

ثانياً : ماكينات تشغيل الزجاج المسطح المعماري		
٤- ماكينة التنظيف (ماكينة تنظيف الزجاج المسطح ذات المجفف)		
الوظيفة	التنظيف الشديد لجميع الشوائب المتراكمة أثناء عمليات التشغيل التي تتم على الألواح الزجاجية ، وإعدادها بشكل مثالي لعمليات المعالجة اللاحقة أوالمغادرة .	
طريقة العمل	يثبت الزجاج على سير بشكل رأسي ليتحرك مع السير متجه للكابينه التي يتم فيها عملية التنظيف ويكون التنظيف من خلال فرش تتحرك حركة دائرية من السطح الأمامي والخلفي مصاحبة للمياه ومواد خاصه للتنظيف لإزاله أي مواد عالقة بسطح الزجاج أثناع عمليات التشغيل كما انه يمكن تنظيف لأي سمك زجاج كما أن بعد عمليه التنظيف يمر على مجفف ذو درجه حراره تساعد على تبخر الماء المتبقي على السطح ثم يخرج الزجاج جاف نظيف تماما، كما تحتوي على مصابيح إضاءة بعد الخروج من الكابينه للكشف على أي شوائب أو مواد يجب إزالتها.	
التحكم الآلي	**نوع النظام**	التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)
	طريقة التحكم	التحكم من خلال برمجة جهاز (PLC) الخاص بالماكينه في تحديد سمك الزجاج من خلال فتحه بين درافيل التي تسحب الزجاج وتحركه للداخل أو السرعة أودرجة حرارة المجفف والتي يعاد برمجتها حسب سمك الزجاج.

شكل الماكينة	
المنتج	زجاج نظيف تماما وجاف جاهز للتغليف أو المعالجات الأخرى.

ثالثاً : دراسة تحليليه لبعض الأعمال الزجاجيه في العمارة:

تتطرق الدراسه إلى إلقاء الضوع على بعض الأعمال المعمارية المستخدمة للزجاج المنتج أليا بتلك النظم وتحديد مراحل إنتاجه، وتنقسم تلك الأعمال إلى أعمال زجاجية معمارية خارجية وداخلية ومنها:

أولا : تشكيل معماري خارجي بالزجاج			
تعريف بالعمل	مؤسسة لويس فويتون (Louis Vuitton) لفرانك جيري (Frank Gehry) بباريس (٢٠١٤)	تشكيل معماري على شكل سفينه من الزجاج الشفاف يتخلله خطوط من المعدن يكسب المبنا حاله من الدفء في طقس باريس البارد	
نوع الزجاج	زجاج شفاف مسطح تم معالجته بخفض الإنبعاث وبالحراره وتعدد الطبقات لملائمة المتطلبات الوظيفية للعمارة.		
خطوات انتاج الزجاج	بعد إنتاج الألواح الزجاجية المسطحه يتم معالجه سطحها بالمعادن لإكسابه خاصية تقليل الإنبعاث (low-e) ثم تقطيع الألواح بالمقاسات المطلوبة (cutting) ومعالجة الحواف(edge polishing) ثم تقسية حراريا (tempered) ثم مرحلة التنظيف (dryer cleaning) ثم مرحلة تعدد الطبقات (laminated)		

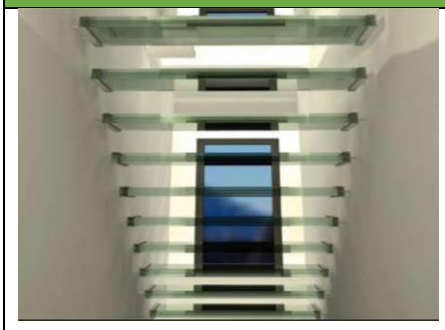
ثانياً : واجهات معمارية خارجية			
تعريف بالعمل	المقر الجديد لإدارة الصحة الباسكية (The new headquarters of the Basque Health Department) في بلباو(Bilbao) للمهندس المعماري خوان كول باريو (Juan Coll- Barreu)	عبارة عن كتلة رائعة من الزجاج والصلب المميزة بواجهتها الزجاجية متعددة السطوح التي تسمح بدخول الضوء إلى الداخل مما يجعلها مساحة شفافة ومضيئة. على الرغم من كونها جديدة جدا ، فقد أصبحت بالفعل واحدة من معالم عاصمة بيسكايا.	
الزجاج	زجاج شفاف مسطح مزدوج متعدد الطبقات معالج حراريا		
خطوات انتاج الزجاج	بعد إنتاج الألواح الزجاجية المسطحه يتم تقطيع الألواح بالمقاسات المطلوبة (cutting) ومعالجة الحواف(edge polishing) ثم تقسية حراريا (tempered) ثم مرحلة التنظيف (dryer cleaning) ثم مرحلة تعدد الطبقات (laminated) ثم مرحلة إزدواج الزجاج الزجاج مكونا كتله زجاجية بداخلها غاز خامل (double glass)		

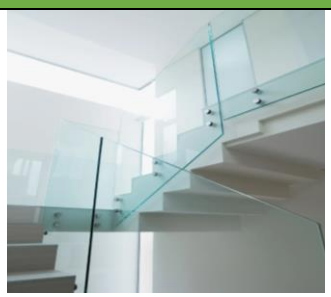
ثالثاً: جدارية زجاجية داخلية			
تعريف بالعمل	مستشفى سبولدينغ لإعادة التأهيل **Spaulding) Rehabilitation (Hospital** في بوسطن (Boston) للفنان الزجاج المعماري بول هوسبرغ (Paul Housberg)	جدارية زجاجية للربط البصري بين طابقي الردهة الرئيسية للمنشأة والميزانين. تخلق القطعة ، التي تحمل عنوان (Walk Water) ، تضيف إحساسا متزايدا بالعمق في زاوية ضيقة ، وتسعى إلى استحضار الحركة السلمية للمياه	
نوع الزجاج	زجاج شفاف مسطح تم معالجته بالحراره والطباعه الرقمية الملونه		
خطوات انتاج الزجاج	بعد إنتاج الألواح الزجاجية المسطحه يتم تقطيع الألواح بالمقاسات المطلوبة (cutting) ومعالجة الحواف(edge polishing) ثم مرحلة التنظيف (dryer cleaning) ثم الطباعه الملونه (digital printing) ثم تقسية الزجاج حرارياً وتثبيت اللون (tempered)		

رابعاً : فواصل زجاجية داخلية			
تعريف بالعمل	فواصل داخلية بالمركز القومي للبحوث بالقاهره من أعمال الباحث	إحدى الفواصل الزجاجية الشفافه التي تعمل على تقسيم الفراغ الداخلي مع المحافظة على التواصل البصري بين مستخدمي تلك الفراغات	
نوع الزجاج	زجاج شفاف مسطح تم معالجته بالتقسية الحرارية		
خطوات انتاج الزجاج	بعد إنتاج الألواح الزجاجية المسطحه يتم تقطيع الألواح بالمقاسات المطلوبة (cutting) ومعالجة الحواف(edge polishing) ثم عمل الفتاحات والثقوب في الزجاج (cut out by water jet) ثم تقسية الزجاج حرارياً (tempered) ثم مرحلة التنظيف (dryer cleaning)		

خامسا : كابينة إستحمام زجاجية داخلية			
تعريف بالعمل	كابينة إستحمام بإحدى حمامات شقة سكنية بالقاهره من أعمال الباحث	كبينه إستحمام زجاجية تحتوي على ضلفة محورية، وهي من الزجاج الذي يدمج بين المظهر الشفاف و النصف شفاف من خلال الخطوط المستقيمه العرضية لإعطاء مظهر ذو لمسه جمالية.	
نوع الزجاج	زجاج شفاف مسطح مقسى حرارياً تم معالجة سطحه بضغط الهواء والرمال.		
خطوات انتاج الزجاج	بعد إنتاج الألواح الزجاجية المسطحه يتم تقطيع الألواح بالمقاسات المطلوبة (cutting) ومعالجة الحواف(edge polishing) ثم عمل الفتاحات والثقوب في الزجاج (cut out by water jet) ثم تقسية الزجاج حرارياً (tempered) ثم معالجة السطح بالخدش (sand blast) ثم مرحلة (dryer cleaning)		

سادساً : معلقات جدارية من المرايا			
تعريف بالعمل	معلقة جدارية بإحدى الغرف الداخلية بشقة سكنية	تم إستخدام مجموعه من المرايا ذات المقاسات المختلفة والمستويات المختلفة للحصول على مجموعه من الإشعه الضوئيه المنعكسه والمشتته مما يضيف قيمه جماليه في الفراغ الداخلي	
نوع الزجاج	زجاج شفاف مسطح معالج بالتغطية بالفضة والنحاس للحصول على مرايا		
خطوات انتاج الزجاج	بعد إنتاج الألواح الزجاجية المسطحه يتم معالجة سطح الزجاج للحصول على ألواح من المرايا (mirror) ثم تقطيع الألواح بالمقاسات المطلوبة (cutting) ومعالجة الحواف (edge polishing)		

سابعاً : درجات سلم زجاجي داخلي			
تعريف بالعمل	درجات سلم زجاجي داخلي بإحدى المباني السكنية	تم إستخدام مجموعه من درجات السلالم الزجاجية ذات سمك كبير لتعدد طبقات الزجاج والمثبته في الحائط من جانبين، كما يحتوي على معالجة في السطح لتجنب الإنزلاق ويتميز هذا العمل بالشفافيه والإتصال بخلاف إستخدام الخامات المماثلة له.	
نوع الزجاج	زجاج شفاف مسطح تم معالجته بالتقسي الحراري وتعدد الطبقات ومعالجة السطح لتقليل نعومته وتجنب الإنزلاق ليلائم المتطلبات الوظيفية للسلالم الداخلية للعمارة.		
خطوات انتاج الزجاج	بعد إنتاج الألواح الزجاجية تم تقطيع الألواح بالمقاسات المطلوبة (cutting) ومعالجة الحواف(edge) ثم تقسية حراريا (tempered) ثم معالجة الطبقة السطحية فقط بالخدش بضغط الهواء والرمال (sand plasted) ثم التنظيف (dryer cleaning) ثم مرحلة تعدد الطبقات (laminated)		

ثامناً : درابزين سلم زجاجي داخلي			
تعريف بالعمل	درابزين سلم زجاجي داخلي بإحدى المباني السكنية	تم إستخدام مجموعه من ألواح الدرابزين الزجاجي بدون إطار والمثبته في جانب السلم ، وهي من الزجاج الشفاف لإكساب الفراغ الداخلي العديد من خواص الزجاج البصريه المميزه من الإنعكاس واللمعان والإتصال	
نوع الزجاج	زجاج شفاف مسطح تم تقطيعه وتفريغه وتنعيم حوافه ومعالجته بالتقسي الحراري ليلائم المتطلبات الوظيفية لدرابزين سلم في العمارة الداخلية.		
خطوات انتاج الزجاج	بعد إنتاج الألواح الزجاجية تم تقطيع الألواح بالمقاسات والأشكال المطلوبة (cutting) ومعالجة الحواف (edge) ثم تقسية حراريا (tempered) ثم التنظيف (dryer cleaning)		

ثامناً : قبة سماوية			
تعريف بالعمل	قبة سماوية لسقف بإحدى المباني الحديثة	تم إستخدام مجموعه من ألواح الزجاج الشفاف ذات المقاسات الثابتة والمثبته أعلى شبكة معدنية لإضافه قيم جماليه ووظيفيه للمبنى فهو يسمح بدخول نسبه كبيرة من ضوء الشمس مع المحافظة على الطاقة داخله	
نوع الزجاج	زجاج شفاف مسطح تم معالجته بخفض الإنبعاث وبالحراره وتعدد الطبقات لملائمة المتطلبات الوظيفية للقبة السماوية في العمارة.		
خطوات انتاج الزجاج	بعد إنتاج الألواح الزجاجية المسطحه يتم تقطيع الألواح بالمقاسات المطلوبة (cutting) ومعالجة الحواف(edge polishing) ثم تقسية حراريا (tempered) ثم مرحلة التنظيف (dryer cleaning) ثم مرحلة تعدد الطبقات (laminated) ثم مرحلة إزدواج الزجاج الزجاج مكونا كتله زجاجية بداخلها غاز خامل (double glass)		

نتائج البحث :

١- اسفرت الدراسة عن قيم معرفية لطرق الإنتاج والتشغيل للزجاج المعماري وطرق التحكم بها ألياً مما ينعكس على المصمم الزجاج المعماري في وضع تصميمات ذات صله وثيقة بالعمليه الإنتاجية.

٢- الربط بين أنواع نظم التحكم الآلي والماكينات المستخدم في صناعة الزجاج المسطح المعماري وإبراز دورها في عمليات الإنتاج والتشغيل لنتمكن من الحصول على منتج زجاجي ذو جوده عاليه قادر على المنافسة.

٢- حصر وترتيب مراحل صناعة الزجاج المسطح المعماري إبتداء من تصنيع الألواح الزجاجية من الخلطات وجميع مراحل تشغيله موضحاً في المخطط ومفصلاً في الجداول.

٣- الربط بين كل ماكينه ونظام التحكم الآلي الخاص بها مما يرفع من قدرة المصمم المعرفيه لماكينات الإنتاج وطرق التحكم الآلي بها مما يساهم في الإستغلال الأمثل لها والحصول على أفضل نتائج ممكنة.

٤- إبراز أنواع الزجاج المسطح المعماري بمختلف أنواعه ومعالجاته وخصائصه البصريه والجمالية والوظيفيه من خلال دراسة الماكينات ومخرجاتها من المنتجات الزجاجية مما يتيح للمصمم إختيار النوع الأنسب لما يتوافق مع متطلبات في العماره.

توصيات البحث:

1- استكمال المنظومة البحثية بين نظم التحكم الآلي وبين مجالات إنتاج الزجاج الصناعي في المجالات المختلفة الأخرى.

2- يوصي البحث بضرورة إجراء أبحاث مشتركه بين التخصص العلمي ومصانع إنتاج الزجاج لحل أي من المشكلات المهنية.

3- تضميم موضوع الدراسة داخل مقررات برنامج تصميم الزجاج الصناعي والمعماري لإحتياج سوق العمل إليه.

4- دراسة إمكانية توصيل عدة آلات تشغيل لماكينات الزجاج محكومة رقمياً بحاسب إنتاج مركزي بواسطة شبكة اتصال مباشر. ويقوم الحاسب بإمداد الآلات بجميع البيانات اللازمة لتتابع التحكم وهو ما يطلق التحكم الرقمي المباشر (DNC)

المراجع

أولاً المراجع العربية:

١- رشا محمد على حسن زينهم، "فاعلية المعايير التكنولوجية في تصميم الواجهات الزجاجية للعمارة في مصر"، رسالة دكتوراه، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان،٢٠٠٩م.

Rasha Mohamed Ali Hassen Zinham ،"faalia al maaier al tiknolugia fe tusmim al wajhat al zagagia lamara fe maser" ،rassala dectorah ،, koliat alfnon altatbekia, gameat Helwan, 2009.

٢- محمد حمدي زكي ، "أثر التكنولوجيا على تطور الفكر التصميمي للعماره الداخليه" ، رساله ماجستير، كلية الفنون التطبيقيه ،جامعة حلوان، ٢٠١٣ م.

mohamed hamdi zaki "ather altiknolugia fe tanamiyya elfaker al-tsumimi lamara al-dakhliyya" ، rassala magestere , koliat alfnon altatbekia, gameat Helwan, 2013.

٣- محمد كمال شلبي، "اثر دمج تقنيات الحفر الميكانيكي والكميائي والطلاءات الحراريه على مظهر المنتجات الزجاجيه الفنيه"، رساله ماجستير، كليه الفنون التطبيقيه، جامعه حلوان، ٢٠٠٠ م .

mohamed kamal shalb, "athar damg takniat alhafr al mekaneke wa al kemiaae wa altelaat al hrareia ala mazhar almontgat alzogagia alfania", ressala magester, koliat alfnon altatbekia, gameat Helwan, 2000.

٤- محمد كمال شلبي، "اثر تعدد التقنيات في رفع القيمه الإقتصاديه للزجاج في العماره الداخليه"، رساله دكتوراه، كليه الفنون التطبيقيه، جامعه حلوان، ٢٠١٠ م .

mohamed kamal shalaby, "ather al-taqnayat metadada fe rafa al-qaima alaqtasadia lazjaj fe amara al-dakhliyya", ressala dectorah, koliat alfnon altatbekia, jameat Helwan, 2000. .

٥- نثيله عبد السميع مصطفى الحاولى، "تأثير العماره الزجاجيه على الطابع المعماري"، رساله دكتوراه، كليه الهندسه، جامعه القاهره، ٢٠٠٣ م.

nathila abd al-samia mostafa al-hamuli, "tatir amara al-zagagia ola tabea mamari" rassala dectorah - kolia al-handasa - jamaa al-qahira - 2003.

٦- هبه عبد المنعم فرغلي عبد الرحمن، "متطلبات التصميم للزجاج المقاوم للصدمات محليا"، رساله ماجستير، كليه الفنون التطبيقيه،٢٠١٢م.

heba abd monem farghali abd al-rahman, "muttlipat altsemim lazjaj al-maqawem lasdamat mahlea" , rassala magister, kalia al-fannoun al-tatbiqiyeh, jameat Helwan, 2012

ثانياً: المراجع الأجنبية:

1- Asma Perveen, Carlo Molardi, "Machining of Glass Materials: An Overview," in Advanced Manufacturing Technologies, April 2017.

2- Clarissa Justino de Lima, Frederic Veer, O Çopuroglu, R Nijsse "Advancements and Challenges in Glass Concepts, Manufacturing and Applications" , Conference: 13th International Congress on Advances in Civil EngineeringAt: Izmir, Turkey, September 2018.

3- Eskilson, " The age of glass: A cultural history of glass in modern and contemporary architecture", Bloomsbury Academic, 2018.

4- Farid Golnaraghi, "Automatic Control System", Publisher: Wiley Hoboken, NJISBN: 0471134767, Simon Fraser University, January 2003.

5- J. Cortadella, M. Kishinevsky, A. Kondratyev, L. Lavagno, and A. Yakovlev, "Logic Synthesis for Asynchronous Controllers and Interfaces"
6- J. Fernandez de Canete ,Cipriano Galindo, "Introduction to Control Systems", DOI:10.1007/978-3-642-20230-8_5, University of Malaga, January 2011.
7- Jing Tang, Chenhui Ju, Ruirui Lv, Xuehua Zeng, "the Performance of Double Glass Photovoltaic Modules under Composite Test Conditions", Energy Procedia 130:87-93, September 2017.
8- Katherine Allen Cort, Thomas D. Culp, Sarah Widder, " Thermal and Optical Properties of Low-E Storm Windows and Panels" , Conference: Regional Technical Forum Policy Advisory Committee MeetingAt: Portland, OR, July 2015.
9- Lin Li, Mohammed Aslam Sheikh, "Laser Glass Cutting Techniques" , A Review, Journal of Laser Applications 25(4):11, June 2013.
10- Mahesh S Rao, Srinivas Satyanarayana, "Abrasive water jet drilling of float glass and characterization of hole profile" , Glass Structures and Engineering 5(2):155 – 169, uly 2020.
11- Na, B., Ahmed, S., Nemhauser, G.L., and Sokol, J. "Optimization of automated float glass lines" . International Journal of Production Economics, Vol.145, Issue 2, 2013.
12- Najib Salim, Maslan Zainon , "Control Systems Engineering", Publisher: UTeM PressISBN: 978-983-2948-90-2, Malaysia Malacca , January 2010.
13- Nereus Fernandes, "(Programmable Logic Controllers) PLC Overview" , April 2020.
14- Na, B., Ahmed, S., Nemhauser, G.L., and Sokol, J., "Optimization of automated float glass lines". International Journal of Production Economics, Vol.145, Issue 2, 2013.
15- Oikonomopoulou, F., Bristogianni,T., Veer, F., and Nijsse,R., "The construction of the crystal houses façade" : challenges and innovations. Glass Structures and Engineering, 2017.
16- Pawan Negi, Mangey Ram, Om Prakash Yadav, " Basics of CNC programming" ,PublisherISBN: 9788770220439, Graphic Era University, May 2019.
17- Shelby, J.E, "Introduction to Glass Science and Technology". 2nd edition, Royal Society of Chemistry. The Economist. (2017). One of the world's oldest products faces the digital future. Science and Technology. Edition Oct. 12th 2017.
18- Snejana Yordanova, Desislava Stoitseva, Metody Georgiev, Momchil Rabadjyski, "INTELLIGENT PROCESS CONTROL BY INDUSTRIAL PROGRAMMABLE CONTROLLERS",Conference: Challenges in Higher Education & Research, vol. 7, Technical University of Sofia, January 2009.
19- Venkata Ramesh Mamilla, "Study on computer numerical control (CNC) machines", Sri Vasavi Engineering College, May 2016.

ثالثاً: مصانع إنتاج وتشغيل الزجاج بمصر:

١- مصنع سان جوبان للزجاج – ك ٤٤ طريق العين السخنه – العين السخنه – محافظة السويس - جمهورية مصر العربية
٢- مصنع سفنكس للزجاج - المنطقة الصناعية السابعة - مدينة السادات_ محافظة المنوفية- جمهورية مصر العربية
٣- مصنع د جريش – المنطقة الصناعية الثالثة أ١– العاشر من رمضان – محافظة الشرقية – جمهورية مصر العربية
٣- مصنع ديكوريتيف جلاس –القطعة ٨ و ٩ شارع ١١٨، محافظة القاهرة- جمهورية مصر العربية.
٤- مصنع لطفلي للزجاج – المنطقة الصناعية – العبور – محافظة القليوبة_ جمهورية مصر العربية.

ثالثاً مواقع على الشبكة الدولية للمعلومات:

1- HEADQUARTERS OF THE BASQUE HEALTH DEPARTMENT - Bilbao Turismo
2- These 13 Buildings Redefined Architecture in the Past 5 Years | Architectural Digest
3- QINGDAO KINGSTAR GLASS CO., LTD (kingstar-glass.com)
4- Laminated Glass | Glass Academy (glass-academy.com)
5- Paul Housberg references water in new architectural glass | UrbanGlass
6- Engineering the Future of Glass | Cardinal Glass Industries (cardinalcorp.com)
7- https://www.pilkington.com
8- https://www.guardianglass.com

---

[١] مخطط من عمل الدارس

[٢] هو صخر رسوبي يتألف من كربونات الكالسيوم وكربونات المغنيسيوم وتركيبه الكيميائي $CaMg(CO_3)_2$

٣ يعبر عن ممانعة تلك المادة للضغط المنتظم.

٤ هي النسبة بين الانفعال العرضي إلى الانفعال الطولي عندما يؤثر على العينة إجهاد ضمن حدود المرونة، في العادة عندما تشد المادة في أحد الاتجاهات، فإنها تميل إلى التقلص في الاتجاهين الآخرين، وعلى العكس عندما تضغط المادة في أحد الاتجاهات فإنها تميل إلى أن تتمدد في الاتجاهين الباقيين، وتكون نسبة بواسون هي المقياس لهذا الميل للتمدد والتقلص.

٥ يعبر عن مدى مرونة المادة ويوضح كيفية تصرف المادة تحت تأثير القوى

[٦] المغنطرون هو صمام ينتج موجات صغيرة، منه ما هو ذو قدرة عالية تصل إلى حيز ميجا واط ومنه الأسطواني وفية يكون الآنود والكاثود إسطوانيي الشكل، متحدي المحور، والكاثود بالداخل كما هو في هذه الغرف وبذلك يكون المجال الكهربي مجالا قطريا والمجال المغناطيسي على امتداد محور الإسطوانة.