تصميم المنحنيات الحرارية المناسبة لتفعيل دور التقنيات الزخرفية الإسلامية على الآنية الزجاجية

أ.د. فاطمة الشناوي[أ]

الملخص:

تعد صناعة الآنية الزجاجية المزخرفة، واحدة من أهم الصناعات التراثية التي لها القدرة على المنافسة المحلية والعالمية وجذب الكثير من الاستثمارات، خاصة وأنها تمثلت في منتجات عديدة مثل المشكاوات والقناديل والقنينات وزجاجات العطور والكؤوس.. الخ. ومع تقدم عصر الآلة طغت المنتجات الآلية وكثر استخدامها نظراً لقلة تكلفتها ووفرة إنتاجها، مما أصاب الصناعات التراثية بالجمود والتقوقع، الذي أدى بدوره إلى اندثرها وحول منتجيها لعالة على المجتمع، وانتشرت البطالة، واشتغل البعض منهم بالحرف السهلة السريعة والأكثر ربحاً.

وهذا ما جعل مشكلة بحثنا تكمن في:

صعوبة تنفيذ الأساليب التقنية الزخرفية الإسلامية على الآنية الزجاجية، نظراً لما تتطلبه من أبحاث علمية متخصصة، ومعدات وخامات بالإضافة لمهارة صانعيها، مما أدى إلى إندثار هذه الصناعة رغم تأثيرها المباشر على قدرة منتجتنا على المنافسة المحلية والعالمية.

لذا هدف البحث إلى:-

- تصميم المنحنيات الحرارية المناسبة لتثبيت الملونات والطلاءات المستخدمة في تقنيات زخرفة الآنية الزجاجية، لتفعيل دورها وزيادة قدرتها على المنافسة المحلية والعالمية والمحافظة عليها من الاندثار.
- إحياء صناعة الآنية الزجاجية المزخرفة وتفعيل دورها كمشروع ضمن مشروعات الصناعات الصغيرة، التي تسهم في حل مشكلة البطالة والمحافظة على الهوية الإسلامية المصرية لمنتجاتنا.

مقدمة:

لعلى ما يحسب للفنان والمصمم المسلم في عصور الحضارة الإسلامية، ذلك الفن الراقي الذي اتبعه في زخرفة الآنية الزجاجية والذي عرف بفن الزخرفة بالمينا والتموين بالذهب، إلى جانب فن الزخرفة بالطلاءات والملونات المعتمة والشفافة "اللاستر".. الخ فقد أكسب المصمم المسلم هذه الفنون سمة إسلامية ظاهرة جعلتها تقترن دائماً بالعصر الإسلامي "أي ذات هوية" وإن كان هذا لا ينسينا أبداً ما كانت عليه الفنون المصرية القديمة والفارسية والإغريقية والبيزنطية من آثر على فن

[أ] أستاذ التصميم وتكنولوجيا الأقران – بقسم الزجاج – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان.

3ب أحمد فخري – المنطقة السادسة – مدينة نصر ت: 2715688-6173771 ف: 2702828

E-mail: Fatmaelshenawy858@Yahoo.com.

الزخرفة بالمنيا والتموين بالذهب. وعلى الرغم من ارتباط إنتاج هذه التحف المتميزة من الآنية الزجاجية المزخرفة بموطنها الأصلي مصر، إلا أننا لم نجدها الآن إلا من خلال زيارتنا للمتاحف أو بقايا في بعض البيوتات العريقة أو آتية إلينا من بعض البلاد التي نهضت أخيراً مثل تركيا وماليزيا.. الخ، وساعد على ذلك ازدهار المنتجات الآلية وغذوها للأسواق، مما أدى إلى عزوف الصناع المهرة عن هذا المجال وانشغالهم بما هو أسهل وأسرع وأكثر ربحاً.

لذا فكرنا من خلال هذا البحث في كيفية تفعيل دور الزخرفة الإسلامية على الآنية الزجاجية والتغلب على صعوبات ومشكلات إنتاجها، لازدهارها مرة أخرى وتفعيل دورها برفع جودتها لزيادة قدرتها على المنافسة وفتح الأسواق المحلية والعالمية، تأكيداً على هويتنا في ظل عصر العولمة وسيطرة عالم الميكنة والإليكترونيات والثورة المعلوماتية على عالم الإبداع والابتكار الفني والصناعي.

لذا قمنا بتصميم الجداول والمنحنيات الحرارية الخاصة بتقنيات الملونات والطلاءات على أسطح الآنية الزجاجية لرفع جودتها وتذليل صعاب ومشكلات إنتاجها.

1- الأساليب التقنية لصناعة وزخرفة الآنية الزجاجية الإسلامية:

واصلت صناعة الآنية الزجاجية المزخرفة تقدمها، ووصلت إلى درجة عالية من الدقة والإتقان والثراء في العصر المملوكي بدولتيه "المماليك البحرية 1382-1250 ميلادية" – والمماليك الجراكسة "1517-1382 ميلادية". ومن خلال استطلعنا لتاريخ الأساليب التقنية لصناعة الآنية الزجاجية الإسلامية، نجد أن كل عصر من العصور انفرد بنوعية معينة من الأساليب ارتبطت به وارتبط بها.

1-1 تاريخ الأساليب التقنية لزخرفة وصناعة الآنية الزجاجية في العصور الإسلامية:

ارتبطت هذه الأساليب التقنية بالحقب التاريخية التالية:

1-1-1 آنية ذات زخارف مختومة أو مضغوطة بأختام خاصة، عليها رسوم هندسية أو نباتية أو كتابات أو رسوم لحيوانات أو طيور محورة زخرفياً.

2-1-1 آنية منفوخة ذات زخارف في القالب، والقالب عادة ما يتكون من جزئين من الفخار أو المعدن أو الخشب، وهناك قوالب من جزء واحد، ومن هذه الآنية ما تم نفخ جزئها العلوي في قالب والسفلي في قالب آخر ثم جمع الجزءان معاً باستخدام الأساليب الحرارية ليكونا معاً إناءاً واحداً، ويؤرخ للمجموعتين السابقتين فيما بين القرنين "الثاني والثامن الهجري" "الثامن والرابع عشر الميلادي".

3-1-1 آنية ذات زخارف منحوتة أو مقطوعة أو محذذة في جدار الإناء بعد أن يبرد، وقد صنعت هذه الآنية لتحاكي البللور الصخري، ويؤرخ لها فيما بين القرنين "الثالث والسابع الهجري" "التاسع والثالث عشر الميلادي".

4-1-1 آنية ذات خطوط حلزونية تنتج بلف الخيوط على رقبة الإناء أثناء تشكيله، ويؤرخ لها فيما بين القرنين "الثالث والرابع الهجري" "القرن التاسع والعاشر الميلادي".

1-1-5 آنية عليها أعمدة زجاجية مضافة أثناء التشكيل وتضاف لإضافة شكل زخرفي أو لتصنيع يداً أو أرجل للآنية.

1-1-6 آنية تتألف زخارفها من خيوط من الزجاج الملون، تكسب الإناء زخارف مموجة تشبه المرمر ويؤرخ لهذه الآنية فيما بين القرنين "الأول والسابع الهجري" "السابع والثالث عشر الميلادي".

1-1-7 آنية زجاجية مزخرفة بالبريق المعدني، وأخرى مزخرفة بالزجاج الملون "الكرنكل"[أ] ويؤرخ لها فيما بين القرنين "الثالث والثامن الهجري" "التاسع والرابع عشر الميلادي".

1-1-8 الزجاج والبللور الصخري المصري والسوري في العصر الفاطمي: يؤرخ لها فيما بين "القرنين العاشر والثاني عشر الهجري" وقدم فيها الفنانين المصريين بالتعاون مع الفنانين السوريين أساليب عديدة لزخرفة الآنية الزجاجية تمثلت فيما يلي:

1-1-8-1 إضافة الملونات لمصهور الزجاج، خاصة اللون الأخضر والرمادي المحمر وغيرها من الألوان.

1-1-8-2 زخرفة الآنية بالخيوط ذات اللون الأزرق أو الأبيض المط.. وغيرها.

1-1-8-3 الزخرفة بالمينا الملونة على هيئة زخارف نباتية وهندسية وكتابات.. الخ، هذا إلى جانب الزخرفة بالبريق المعدني على شكل أطياف مختلفة من اللون الذهبي والنحاس والفضي، وهذا النوع أهم ما تميز به العصر الفاطمي في مجال صناعة وزخرفة الآنية الزجاجية.

1-1-8-4 زخرفة الآنية الخضراء بتغطيتها من الداخل باللون البني المحمر ثم إضافة الزخارف المختلفة على سطحها الخارجي باللونين البرتقالي والبني مع البريق المعدني الذهبي والفضي.

1-1-8-5 زخرفة الآنية بأسلوب الألف زهرة "Millefiore" الذي استخدم في العصور المصرية القديمة حيث ينفذ بوضع نقط من الملونات الحمراء والخضراء والصفراء والبيضاء مع رقائق دقيقة جدا من الذهب ملبسة في سطح الإناء[ب].

1-1-8-6 زخرفة الآنية بالقطع مثل "البلور الصخري" وكانت تنفذ بصنع الآنية من الزجاج الشفاف ثم تغطى بطبقة أخرى من الزجاج الملون "الأزرق أو الأخضر" أثناء التشكيل وبعد تبريد الآنية يتم قطع الطبقة الملونة بالأحجار فتظهر الزخارف باللون الأزرق مثلاً والأرضية تظل شفافة كما هي، وهذا الأسلوب شاع استخدامه لروعة مظهره وقلة سعره عن البللور الصخري، ويوجد بمتحف المتروبوليتان ثلاث قنينات .زجاجية منفذة بهذا الأسلوب.

[أ] عبارة عن زجاج ملون في صورة حبيبات، تعطي في مظهرها اللوني على الآنية مساحات لونية ذات ملامس مختلفة تختلف باختلاف درجة حرارة تثبيتها على الآنية.

[ب] حيث تحدد الخطوط الخارجية للشكل الزخرفي بهذه الرقائق ثم تملأ المساحة المحددة بنقط من الزجاج الملون بجانب بعضها البعض فتظهر في مقطعها كالزهرة.

1-1-8-7 ازدهار صناعة وزخرفة الآنية الزجاجية في العصر الأيوبي والمملوكي ويؤرخ لها فيما بين القرنين "الثاني عشر والخامس عشر الهجري" واستمر فيه أسلوب زخرفة الآنية بالذهب والمينا، بفضل مشاركة الصناع السوريين، وفي القرن الثالث عشر الهجري شاع استخدام الزخارف الآدمية والحيوانية بجانب الزخارف النباتية والكتابية لزخرفة الآنية، وهذه تعد من أبدع آثريات زجاج العصور الإسلامية.

1-1-8-8 تأخرت صناعة الآنية الزجاجية المزخرفة في العصر العثماني، ومنذ ذلك العصر تم استيراد الزجاج من البندقية وبوهيميا، مما أدى إلى هجرة الصناع المهرة من مصر والتي آثرت بدورها على اضمحلال صناعة الآنية الزجاجية المزخرفة.

1-2 الأساليب التقنية والحفاظ على الهوية:-

من خلال استعرضنا للعصور والحقب التاريخية الإسلامية، والصناعات التي ارتبطت بكل حقبة تبين لنا ما يلي:

- ارتبطت كل حقبة تاريخية بنوع معين من الحرف والصناعات التي آثرت فيه وأثر فيها.
- تم التعارف والتآريخ لكل عصر من العصور بالصناعات والأساليب التقنية التي ظهرت فيه.
- يقاس تقدم وتأخر البلدان على مر العصور بمدى تقدم الصناعات والأساليب التقنية فيها.
- الصناعات والأساليب التقنية تدل على جنسية صانعيها ومدى نشاطهم وارتباطهم بوطنهم والأوطان الأخرى المجاورة.
- الصناعات والأساليب التقنية تأكد الهوية من خلال السمات المميزة لها.
- الصناعات والأساليب التقنية تحقق التآخي بين الشعوب، وهذا ما تحقق بين الصناع المصريون والسوريون، واشتغالهم بمهنة واحدة جانباً لجنب.

ومن هذا نجد أن الثورة المعلوماتية وعصر العولمة وفكرة المجتمع الواحد أفقد شعوبنا ومنتجاتنا السمات المميزة لها والمؤكدة للهوية وذلك من خلال سيطرة الأفكار والاستهلاكية وليس الإنتاجية، والذي ساعد على انتشاره المنتجات المستوردة التي أغرقت أسواقنا واعتمدت في تسويقها على المضاربة بعنصر السعر فقط.

لذا نقوم بالتعرف على أنواع الأساليب والتقنيات الزخرفية المستخدمة في العصور الإسلامية وكيفية تطبيقها على أسطح الآنية الزجاجية والمتطلبات المفروض توفيرها لتحقيق الجودة المرجوة.

1-3 الأساليب التقنية المستخدمة في زخرفة الآنية الزجاجية الإسلامية:-

تعددت الأساليب الزخرفية الإسلامية على أسطح الآنية الزجاجية فيما يلي:

1-3-1 الزخرفة بالإضافة: Adding Decoration

هو عبارة عن إضافة خيوط زجاجية على أسطح الآنية الزجاجية أثناء تشكيلها، ويمكن تمشيط هذه الخيوط إلى أسفل وهي لينة بأنواع خاصة من الأمشاط تناسب طبيعة التصميم، ثم توضع في فرن حراري لتثبيتها وتبريدها في آن واحد كما يمكن تطبيق أسلوب الزخرفة بالإضافة، بإضافة قطع أوجرش من الزجاج الملون فوق منضدة التشكيل ثم يلف فوقها الإناء الزجاجي أثناء تشكيلة ، علماً بأن المدى الحراري لتثبيت هذا النوع من الزخرفة يتراوح ما بين "600-650°c".

1-3-2 الطلاءات الزجاجية: Enamels for Glass

عبارة عن أكاسيد مسببة للون على شكل مسحوق أو على شكل بويات مجهزة للاستخدام المباشر، ويراعى عند تطبيقها على أسطح الآنية الزجاجية إضافة البوركس ليتناسب معامل التمدد الحراري للطلاء مع التمدد الحراري للزجاج، وهذا في حالة الطلاء الشفاف. أما إذا كان الطلاء معتم فيضاف نسبة من أكسيد القصدير، ومن الممكن بعد تطبيقها على الأسطح الزجاجية أن نخدش فوقها بآلة مسننة لإحداث بعض الملامس ويتم تثبيت هذه النوعية من الطلاءات في درجة حرارة "650°c" ثم تبرد تدريجياً. ومن أنواع الطلاءات الزجاجية ما يلي:

1-3-2-1 طلاءات شفافة: Transparent Enamel

تعرف تجارياً باسم "اللاستر" وتباع سائلة ولم يظهر لونها إلا بعد تثبيتها حرارياً على أسطح الآنية الزجاجية، لذا لابد من معرفة المدى الحراري لها عند شرائها، حيث يختلف من شركة لأخرى، وذلك حتى لا يتغير لونها عن اللون المطلوب ويقع المدى الحراري لمعظمها ما بين "650-700°c" ومنها الصبغات Stains وما يعرف بالبريق المعدني Metallic Luster، ومنها مجموعتان، مجموعة عديمة اللون، تعطي بريقاً لؤلؤياً وتصنع من أكسيد البزموث – أكسيد الألومنيوم، أكسيد الرصاص، أكسيد الزنك، والمجموعة الأخرى ملونة، تعطي لون البرنز أو النحاس المؤكسد أو رقب الحمام، وهناك بريق معدني بالذهب، أو البلاتين أو الفضة، هذا بالإضافة إلى أنه يمكن الجمع بين المجموعتين بنسب مختلفة.

ويراعي أن يتم تثبيتها على الأسطح الزجاجية في فرن ذو جو مختزل under reducing atmosphere لكي تعطي في مظهرها اللوني أطياف قوس قزح، وتعتبر الآنية المزخرفة بهذا الأسلوب التقني من أرقى المصنوعات الزجاجية وأكثرها قيمة جمالية.

أما الصبغات المصنعة من مركبات الفضة فيتم ترسيبها على الأسطح الزجاجية، وتزال المادة الحاملة للمركب بعد عملية التثبيت بواسطة فرشاه وماء ساخن، وتتدرج ألوانها من الأصفر الفاتح إلى العسلي إذا ثبتت عند "600°c" مع مراعاة أن لا تبقي في درجة حرارة التثبيت فترة، بل لابد من النزول بدرجة الحرارة فوراً وبالتدريج لإتمام عملية التبريد " أي لا يوجد فترة بقاء عند تصميم المنحنى الحراري".

1-3-2-2 طلاءات معتمة: Opaque Enamel

وهي نوعان:

- طلاء معتم بمظهر الحفر: وهو عديم اللون يعطي الإحساس بالخدش "ملامس" ويمكن الحصول على عدة ملامس مختلفة على الأسطح الزجاجية، ويرجع ذلك لمهارة الصانع وقدرة تحكمه في توزيع الطلاء على الأسطح، ويتم تثبيته عند "570°c"ومنه أنواع تثبت عند درجات حرارة أعلى أو أقل من "570°c" وهذا طبقاً للمدى الحراري المحدد لنوع الطلاء.
- طلاء معتم ملون: يشبه في مظهره ألوان الباستيل، ويقع المدى الحراري له ما بين "550-570°c" تبعاً للشركة المنتجة.

1-3-3 الكرنكل: Krinkle Enamels

عبارة عن بلورات صغيرة من الزجاج الملون، لذلك يتناسب مداه الحراري مع المدى الحراري للأسطح الزجاجية، ويقع ما بين "550-570°c" ومنه الخشن والناعم والمعتم والشفاف وذلك حسب التركيب الكيميائي للزجاج المصنع منه، ويراعي عند تطبيقه على أسطح الآنية ما يلي:-

- تناسب طبقة الكرنكل على السطح، فزيادة سمكها يؤدى إلى عدم تجانسها وعدم تمام تثبيتها "حيث مداها الحراري" لا يكون كافياً لهذه الطبقة السمكية، والعكس صحيح، فقلة طبقة الكرنكل يؤدى إلى سرعة انصهارها وظهور بقع سوداء على الأسطح الزجاجية.
- ارتفاع درجة حرارة التثبيت ينتج عنه اندماج حبيبات الكرنكل معاً وصهرها مكونة طبقة تشبه طبقة المينا "آى يختفي بها مظهر الحبيبات".
- انخفاض درجة حرارة التثبيت للكرنكل الأحمر أو البرتقالي خصيصاً يتسبب في إعطاء لون باهت لذلك يعاد التثبيت مرة ثانية عند درجة الحرارة المناسبة مع مراعاة البقاء في درجة حرارة التثبيت مدة لا تزيد عن "20" دقيقة.

1-3-4 الزخرفة بالمينا:

بعد أن كان الفنان يقوم بتحضير مسحوق المينا، أصبح الآن من السهل الحصول عليها جاهزة للاستخدام مباشرة في صورة مسحوق Frit أو خطوط طويلة Trades أو كتل كبيرة Lumpes، وهي متعددة الخواص، فمنها الصلبة والمتوسطة واللينة والناعمة والخشنة، وكذلك المعتمة والشفافة واللؤلؤية، هذا بالإضافة لمدى نفاذيتها للضوء، وكل ذلك مرتبط بدرجة حرارة انصهارها.

وتستخدم المينا في زخرفة الأسطح الزجاجية، وليس طلائها، ولنجاح أسلوب الزخرفة بالمينا يراعي ما يلي:

- توفير الجو المناسب بفرن التثبيت "مؤكسد/مختزل" لأنه يؤثر على لون المينا المطلوب.
- الدقة في التدرج الحراري للفرن للحفاظ على طبقة المينا من التشقق والانفصال، وكذلك لعدم تعرض المنتجات الزجاجية للصدمة الحرارية.
- استخدام المينا بالسمك المناسب حتى لا تتساقط من على السطح أثناء التثبت.
- تثبيت المينا في درجات حرارة عالية وأقل من درجة حرارة انصهار المنتج الزجاجي أي في المدى الحراري "650-700°c"، فإذا تم تثبيتها في درجات حرارة أقل من المعدل فتكون ضعيفة وغير ثابتة في التغيرات الجوية.

1-3-5 التمويه بالذهب: Gold Coating

وتستخدم رقائق الذهب "ورق الذهب" في الزخرفة على أسطح الآنية الزجاجية بأسلوب التذهيب على الساخن يضاف القلوي في صورة بورات الصوديوم "البوراكس" مع أكسيد الذهب أو أحد مركباته مع إضافة المادة اللاصقة إليهما ثم يثبت في درجات الحرارة المناسبة له حيث ينصهر القلوي مكوناً طبقة زجاجية تعمل على لصق الذهب مع أسطح الآنية الزجاجية وتكون حلقة الاتصال بينهما، وهذا ما ساعد على مقاومة الزخارف المذهبة بهذا الأسلوب لفعل الزمن فضلاً عن غيرها المنفذة على البارد، وفي كثير من الأحيان كان يخلط الذهب بأكاسيد المعادن الأخرى للحصول على درجات مختلفة من اللون الأصفر المائل للاخضرار أو الاحمرار أو اللون العسلي، وهذا ما جعل البريق المعدني من إبداعات الفن الإسلامي إلى جانب التمويه بالذهب، ويتم التثبيت الحراري لهذه التقنية فيما بين "650-700°c" مع عدم دخول الآنية لفرن التثبيت إلا بعد تمام جفافها في الجو العادي.

2- تفعيل دور التقنيات الزخرفية الإسلامية:

من خلال استعرضنا للأساليب التقنية الزخرفية الإسلامية وكيفية تطبيقها على أسطح الآنية الزجاجية، تبين لنا أن تفعيل دور هذه التقنيات الزخرفية لرواج منتجتنا وفتح الأسواق أمامها يتطلب تحديد العلاقة بين المدى الحراري للملونات والطلاءات المستخدمة وأساليب تطبيقها وبين ما يلي:-

2-1- طبيعة المادة الزجاجية:-

تتكون المادة الزجاجية من الرمال متبوعة بالصودا ثم الحجر الجيري وتختلف مكونات الزجاج باختلاف أنواع الزجاج المطلوب إنتاجها، فإذا كان المطلوب زجاج ذو سيولة كبيرة عند درجة الانصهار فتزداد الصودا نسبياً، وإذا كان المطلوب زجاج ذو لزوجة عالية مع اختلافه في الخواص الكيميائية والفيزيائية، فهنا تزداد نسبة السليكا، لذا تتصف طبيعة المادة الزجاجية بأنها مادة غير متبلورة وصلبة، وعند تسخينها تقل لزوجتها وباستمرار التسخين تقل لزوجتها أكثر، وعند تبريدها يحدث العكس. لذلك سمى الزجاج بالسائل تحت درجة التبريد.

2-1-1- علاقة طرق العمل باللذوجة:-

يعتمد اختيار التركيب الكيميائي للزجاج وطريقة التشكيل الخاصة به، على معدل تغيير لزوجته ومدى درجات الحرارة الملائمة للتشغيل حيث أن تغير لزوجة الزجاج بسرعة في درجات الحرارة "المنخفضة" يقلل معامل قابليته للحركة، حتى تصبح درجة الحرارة أقل قليلاً من درجة الاحمرار، ويعتبر الزجاج صلباً يصلح للاستخدام في جميع الأغراض العملية إذا كانت لزوجته عالية "10^{15} بواز".

2-1-2- درجة حرارة الليونة:-

هي درجة الحرارة التي ينثدل عندها الزجاج بمعدل معين وتكون لزوجته "10^{7} بواز" فهي أعلى نقطة يصل إليها منحنى التمدد الحراري للزجاج، والحد الأعلى لمدى التبريد.

2-1-3- درجة حرارة تثبيت الملونات والطلاءات:-

تختلف طبقاً لنوع الطلاء وكذا نوع الزجاج المنفذ عليه الطلاء، لذا يراعى أن لا تصل إلى درجة حرارة ليونة هذا النوع من الزجاج وهي تختلف باختلاف الشركة المنتجة.

2-1-4- درجة التصلد:

هي درجة الحرارة التي تعتبر حداً فاصلاً بين الصلابة والسيولة دون حدوث أي تبلور كما يحدث في الزجاج عندما يتحول من سائل إلى جامد.

2-2- معامل التمدد الطولي وعمليات التثبيت والتبريد:

تتطلب عملية تثبيت الملونات على الزجاج وتبريده عدة شروط، مثل معرفة درجات الحرارة اللازمة لتثبيت الملونات والطلاءات، وكذا درجة الحرارة اللازمة للتبريد، والزمن اللازم لهما، وهذا يتوقف على ما يلي:-

- نوع وتركيب الملونات والطلاءات المستخدمة ومعامل التمدد الحراري له ودرجة حرارة التثبيت.
- نسبة الإجهاد المسموح بها في الزجاج.
- سمك وحجم وشكل المنتج.
- درجة حرارة التبريد.

ودرجة حرارة التبريد هي:-

درجة الحرارة التي يكون عندها الزجاج المنتج في حالة ليونة تسمح بالتخلص من كل أو أكثر قدر ممكن من الإجهاد، فالتبريد السريع للزجاج يمثل حالة من عدم الثبات، نتيجة للإجهاد المتكون داخلة أثناء التبريد، وزيادة نسبة الإجهاد تتسبب في كسر المنتج وتتطاير أجزائه وتتناثر، هذا بالإضافة لأنه يفقد الزجاج الضوئي خواصه المميزة له فإذا تم تبريد الزجاج بالتدريج بحيث تتقارب حرارة سطوحه الداخلية بحرارة سطوحه الخارجية، تتميز منتجاته بالجودة العالية.

وقد أكد علماء التبريد على العلاقة بين جودة المنتج والعلاقة بين جودة التبريد من خلال مدى التخلص من كل أو أكثر نسبة من الإجهاد ومنهم ما يلي:-

- **Twiymen**: أكد أن الزجاج يكون جيد إذا احتوى بداخله ثلث الإجهاد الذي يعمل على كسره.
- **Wright**: حدد نسبة الإجهاد المسموح بها كالتالي:-

زجاج المائدة "الآنية" ⟵ 20 mm/cm^2 [1]

الزجاج المسطح ⟵ 10 mm/cm^2

الزجاج الضوئي ⟵ 5 mm/cm^2

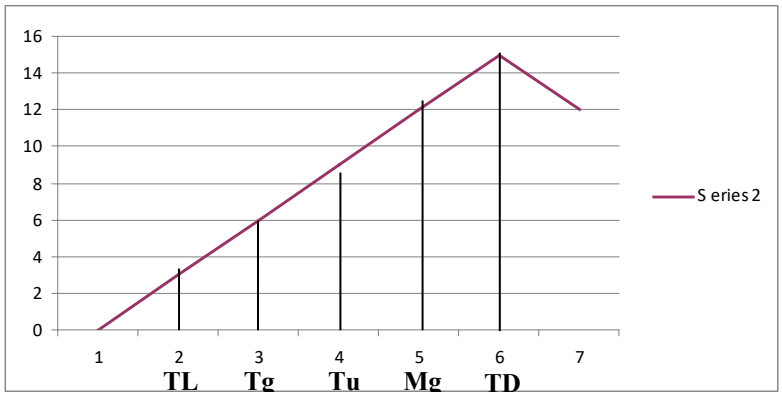
ولنجاح عملية التبريد لابد من تحديد درجتين حرارة هما:-

درجة حرارة التبريد العليا "التبريد البطئ" Tu تقع أعلى من التحول.

درجة حرارة التبريد السفلي "التبريد السريع" TL تقع قبل التحول.

ويراعي الآتي:-

- Tg : درجة حرارة التحول تقع بين التبريد البطئ والتبريد السريع، وعندها يزداد معامل التمدد.
- TD : درجة حرارة الليونة تقع أعلى من درجة حرارة التبريد العليا وعندها تزداد ليونة الزجاج ويبدأ في الإنثدال.
- Mg : درجة حرارة تغير الشكل وتقع قبل الليونة، وهذا ما يوضحه "المنحنى رقم 1".



المنحنى رقم "1"

يوضح العلاقة بين درجات الحرارة اللازمة لعملية التبريد وتثبيت الملونات

وللتخلص من الإجهاد يراعى أن:-

- يكون التبريد بطئ بالقرب من Mg.
- يكون التبريد سريع بالقرب من Tg وبين هاتين الدرجتين يكون التبريد بطئ جداً لعدم حدوث فارق في درجات حرارة السطوح الداخلية والخارجية للمنتج.

ومن ذلك نجد أن الإجهاد الموجود في الزجاج يمكن أن ينعدم أو يقل بواسطة التبريد التدريجي مع ترك الزجاج لوقت قصير في درجة حرارة تكون فيها اللزوجة منخفضة لدرجة كافية حتى اختفاء

---

[1] ملليميكرون على السنتيمتر المربع.

الإجهاد، ثم يبرد الزجاج لدرجة الصلابة حتى نتجنب درجات الحرارة التي تخلق الإجهاد أو يحدث عندها تبلور، ثم يبرد بعد ذلك سريعاً حتى يصل لدرجة حرارة الغرفة[أ].

2-3- علاقة شكل الشروخ بعملية التبريد ومعامل التمدد:-

ردائه التبريد واختلاف معامل التمدد بين نوع الزجاج ونوع الملونات والطلاءات تتسبب في إحداث شروخ وكسور في المنتج تختلف كل منها عن الآخر كما يلي:-

2-3-1 كسور وشروخ التبريد:-

تمتد من السطح الخارجي للزجاج إلى السطح الداخلي وتحدث فصل تام للقطعة ويكون قطع حاد دون حدوث شرشرة في حواف القطع.

2-3-2- كسور وشروخ اختلاف معامل التمدد "عدم التوافق":-

تحدث تشويه في مظهر الطلاء، بالإضافة إلى تكون شروخ دائرية وأفقية حول اللون وممكن أن ينفصل اللون أو يسيل على سطح المنتج.

2-4 طرق قياس جودة المنتج:-

يستخدم لقياس جودة المنتج "جهاز البولاريسكوب Polariscope" وهو جهاز يتكون من قرصين، قرص يعمل على استقطاب الضوء، وقرص آخر في الجانب المقابل ويسمى المحلل، حيث يوضع المنتج الزجاجي بينهما ويختبر، حيث تظهر بقعة لون على المنتج يختلف لونها باختلاف نسبة الإجهاد وأحياناً يكون مصاحباً لهذا الجهاز عدة أقراص تحتوى كل منها على كمية معلومة من الإجهاد، تستخدم لقياسها على الزجاج المنتج "والجدول رقم (1)" يوضح ذلك

التأثير	Colour	اللون	الإجهاد "Retardation" R
Tension بالشد للخارج	Yellow	أصفر	375 MM
	Yellow green	أصفر مخضر	275 MM
	Green	أخضر	200 MM
	Bluesh green	أزرق مخضر	145 MM
	Blue	أزرق	115 MM
	Violet	بنفسجي	0.0 MM
	Red	أحمر	25 MM
	Orange	برتقالي	130 MM
Compression بالشد للداخل	Bright Yellow	أصفر فاقع	200 MM
	Yellow	أسفر	280MM
	White	أبيض	3000MM

جدول(1): يوضح العلاقة بين اللون الظاهر في جهاز البولاريسكوب مع نسبة الإجهاد الموجودة في المنتج الزجاجي

وقد وجد أنه لا يمكن الحصول على زجاج خالي تماماً من الإجهادات، ولذلك روعي أن يكون هناك نسبة إجهاد مسموح بها حيث لا تؤثر على خواص الزجاج، وتختلف باختلاف نوع الزجاج، فإذا كان

[أ] درجة حرارة الجو العادي 30 °c.

الزجاج به هذه النسبة أو أقل يكون زجاج جيد ومطابق للمواصفات، أما إذا احتوى على نسبة أعلى فيكون ردئ وغير مطابق للمواصفات.

2-5 المتطلبات التكنولوجية لصناعة الآنية الزجاجية المزخرفة:-

صناعة الآنية الزجاجية المزخرفة بالأساليب التقنية الإسلامية ترتبط بعدة متطلبات منها:

2-5-1 توفير المواد الملونة والطلاءات المناسبة لطبيعة خامة زجاج الآنية "خاصة في تناسب معامل التمدد الحراري للملونات مع معامل التمدد الحراري للزجاج".

2-5-2 توفير الأفران المناسبة لتثبيت الملونات والطلاءات على الآنية الزجاجية ثم تبريدها وكان يستخدم الأنواع التالية من الأفران:-

- **فرن غرفة Klim**: وفيه نوعان أحدهما يعرف بالمفتوح ويتكون من جزئين، جزء علوي للتبريد، وجزء سفلى لتثبيت الملونات، وفيه يتم تثبيت الملونات في الجزء السفلى، ثم تخرج الآنية وترفع للجزء العلوي لتبريدها، وهذا ما كان يعرضها لعدة مشاكل، مثل الصدمة الحرارية – انبعاج شكلها من أثر الضغط عليها بالماسك الحامل لنقلها من الأسفل للأعلى – عدم انتظام التوزيع الحراري داخل جزئي الفرن.. الخ، والنوع الآخر، فرن غرفة مغلق ذو غرفة واحدة يتم فيها تثبيت الملونات وتبريد المنتج في مرحلة واحدة، ونظراً لاعتماده على الكهرباء كوقود غالي الثمن، فهذا ما أدى بدوره لرفع تكلفة المنتج، هذا إلى جانب أنه لا يمكن استخدام هذه النوعية من الأفران إلا لنوع واحد من المنتجات الزجاجية "إما مسطحات ذات مساحات صغيرة فقط أو آنية بارتفاعات محددة".

لذا قمنا بتصميم نوع جديد من الأفران من خلال بحث مقدم للمؤتمر القومي الثاني لدعم الميزات التنافسية للصناعات التقليدية "2005"، حيث يستخدم الفرن في عمليتي تثبيت الملونات والطلاءات على الألواح الزجاجية المسطحة والآنية الزجاجية المجسمة، وكذا تبريدهما في آن واحد.

وهذا الفرن عبارة عن فرن غرفة ولكنه مقسوم رأسياً إلى منطقتين يفصل بينهما حائط متحرك من الطوب الحراري جزئه العلوي عبارة عن مربعات شطرنجية لتمرير الهواء الساخن حول المنتجات وداخل فراغ الفرن بأكمله، كما يستخدم هذا الحائط الفاصل في حمل الأرفف في حالة استخدام الفرن في إنتاج الآنية المختلفة الأحجام والأشكال في آن واحد، هذا بالإضافة لاستخدام هذا الحائط الفاصل كمصد للهب لمبة الإشعال في حالة تحويل الفرن لإنتاج الألواح الزجاجية المسطحة بمساحات مختلفة، هذا إلى جانب أنه يمكن استخدام الفرن لإنتاج الآنية والألواح الزجاجية المزخرفة في آن واحد، مما كان له أكبر الأثر في رفع جودة المنتج وتقليل تكلفته خاصة وأنه يعتمد على استخدام الغاز الطبيعي كوقود.

2-5-3 توفر العمالة الماهرة المدربة، ونظراً لاعتماد هذه العمالة على الخبرة فقط دون إتباع المنهج العلمي التجريبي في تنفيذ الأساليب التقنية الزخرفية، فكانت المنتجات غير مطابقة لمواصفات الجودة، وهذا ما أدى للمشاكل التالية:-

2-5-3-1 صدمة حرارية تتسبب في تعرض المنتج للتهشم والانكسار أحياناً.

2-5-3-2 صدمة حرارية تؤثر على طبقة الطلاء فتتشقق وتتفقع وتسقط من مكانها تاركة آثاراً غير مرغوبة على المنتج.

2-5-3-3 ظهور الألوان بغير لونها نظراً لعدم مراعاة متطلبات الطلاء من توفير جو مؤكسد أو مختزل بالفرن المستخدم في عمليات تثبيت الطلاءات.

2-5-3-4 عدم التصاق الطلاءات بأسطح الآنية الزجاجية بعد عمليات التثبيت بالإضافة إلى وجود الشروخ على جسم الآنية نظراً لعدم اتباع منحنى حراري محدد ومناسب لطبيعة المنتج ومتطلبات تصميمه.

3- تصميم المنحنيات الحرارية لتفعيل دور الأساليب الزخرفية الإسلامية:

مما سبق وتحقيقاً لهدف بحثنا قمنا بتصميم الجداول والمنحنيات الحرارية المناسبة لتفعيل دور الزخرفة الإسلامية على الآنية الزجاجية بالاعتماد على ما يلي:-

- تحديد المدى الحراري لنوعية الطلاء.
- تحديد درجة الحرارة المناسبة لتثبت الطلاء.
- تحديد درجة الحرارة المناسبة لتبريد المنتج.
- تصنيف الأساليب الزخرفة المستخدمة لتصميم الجداول والمنحنيات الحرارية المناسبة لكل أسلوب.

3-1- تصنيف الأساليب الزخرفية طبقاً للمدى الحراري:-

من خلال تناولنا للمدى الحراري لنوعية الطلاء وكذا درجات الحرارة المناسبة للتثبيت وللتبريد تبين لنا أنه لكي نتمكن من تصميم الجداول والمنحنيات الحرارية لكل أسلوب، فلابد من تصنيف الأساليب التقنية الزخرفية إلى ما يلي:-

3-1-1- أساليب زخرفية على الآنية الزجاجية أثناء تشكيلها:-

ومنها الزخرفة بالإضافة "كإضافة الخيوط والأعمدة الزجاجية أو القطع الزجاجية أو الزجاج المجروش.. الخ، وتثبيت هذه العمليات الزخرفية على أسطح الآنية يتم مع عملية تبريدها في آن واحد "أي أنه لابد أن يكون الفرن في نفس درجة حرارة الآنية الزجاجية بعد تشكيلها وزخرفتها، ثم نبدأ بنزول درجة حرارة الفرن من هذه الدرجة بعد الثبات فيها لفترة إلى درجة حرارة الغرفة بالتدريج الدقيق وحسب الجدول والمنحنى الحراري المعد لذلك، والذي يقع مداه الحراري ما بين "660-30°c".

3-1-2- أساليب زخرفية على الآنية الزجاجية بعد تشكيلها وتبريدها:-

يتم تطبيقها على الآنية الزجاجية بعد تشكيلها، وتبريدها وتجهيزها تماماً، مثل "الزخرفة بالمينا والتمويه بالذهب، والبريق المعدني والطلاءات الشفافة والمعتمة.. الخ. وفي هذه الأساليب يتم تثبيت الملونات والطلاءات على أسطح الآنية أولاً ثم تبرد، "أي أن الآنية تدخل الفرن وهو في نفس درجة حرارتها "درجة حرارة الغرفة" ثم ترفع درجات الحرارة إلى درجة حرارة التثبيت التي تتراوح ما بين "650-700°c" حسب المدى الحراري المحدد من الشركة المنتجة للمواد الملونة وبعد تمام التثبيت تتم عملية التبريد من درجة حرارة التثبيت إلى درجة إلى درجة حرارة الغرفة، حسب المنحنى الحراري المصمم لذلك.

هذا باستثناء أسلوبي الزخرفة بالكرنكل والطلاءات المعتمة حيث يتم تثبيتها عند درجة حرارة "570°c"، لذا لابد من تنفيذها على زجاج يناسب المدى الحراري لها. وتعد هذه النوعية من الأساليب الزخرفية مشروعاً صناعياً صغيراً، قائماً بذاته نظراً لأنه يمكن شراء الآنية الزجاجية من المصانع المنتجة ونقوم من خلال هذا المشروع بزخرفتها بالأساليب الزخرفية الإسلامية وباتباع الجداول والمنحنيات الحرارية المصممة لذلك، تخرج الآنية مطابقة لمواصفات الجودة وتكون بهذا قادرة على المنافسة وفتح الأسواق.

3-2- تصميم الجداول والمنحنيات الحرارية للأساليب الزخرفية:-

عند تصميمنا الجداول والمنحنيات الحرارية المناسبة للأساليب الزخرفية الإسلامية على الآنية الزجاجية، اعتمدنا على الجداول والمنحنيات الحرارية لكل من "ردستون وتوماس وشاند"[أ] هذا بالإضافة إلى منحنياتنا التي صممناها من قبل.

وقد تحددت الجداول والمنحنيات المصممة لتفعيل دور هذه الأساليب الزخرفية فيما يلي:

3-2-1- الجدول والمنحنى الحراري لأساليب الزخرفية بالإضافة:

يراعي فيه أن: درجة حرارة التثبيت "660°c" – درجة حرارة التبريد "560°c" – سمك الزجاج 6 ملليمتر درجة التخلص من الإجهاد "100°c" – درجة حرارة الغرفة "30°c".

ويتم تصميم الجدول والمنحنى الحراري كما يلي:

– زمن بقاء المنتج في درجة حرارة التثبيت[ب] = متوسط "السمك×20+السمك ×30"=15 دقيقة

– معدل النزول لحرارة التبريد = $\frac{1.6}{d^2}$ = 4.4 درجة / دقيقة.

[أ] علماء تبريد الزجاج.

[ب] حيث يتم تنفيذ هذا الأسلوب الزخرفي على الآنية وهي في درجة حرارة تشكيلها فلابد أن يكون الفرن مجهز لنفس هذه الدرجة ويبقي المنتج فيها الفترة التي يحددها المنحنى الحراري لاستقرار حرارة السطوح الداخلية للآنية مع السطوح الخارجية.

- زمن النزول لحرارة التبريد = $\frac{\text{درجات الحرارة المطلوب نزولها}}{\text{المعدل}}$ = 22.7 دقيقة

- زمن البقاء في حرارة التبريد = 15 دقيقة.

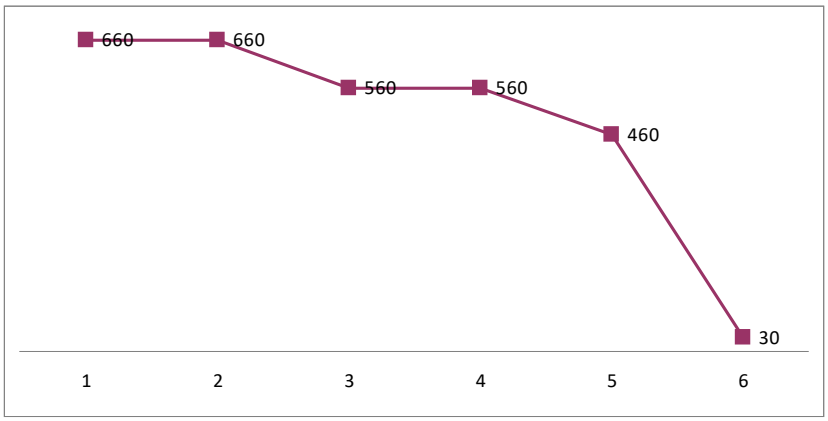
- معدل التبريد البطئ = $\frac{1.3}{d^2}$ = 3.6 درجة / دقيقة.

- زمن التبريد البطئ = $\frac{\text{درجات الحرارة المطلوب نزولها}}{\text{المعدل}}$ = 27.8 دقيقة

- معدل التبريد السريع = $\frac{3.5}{d^2}$ = 9.7 درجة / دقيقة.

- زمن التبريد السريع = $\frac{\text{درجات الحرارة المتبقية}}{\text{المعدل}}$ = 44.33 دقيقة

- الزمن الكلي اللازم لتثبيت الملونات وتبريد المنتج = مجموع الأزمنة السابقة = 124.8 دقيقة.



المنحنى رقم (2): المنحنى الحراري لأساليب الزخرفة بالإضافة.

3-2-2- الجدول والمنحنى الحراري للتذهيب والملونات الشفافة:

يراعي فيه أن: درجة حرارة التثبيت "700°c" – درجة حرارة التبريد "600°c" – سمك الزجاج 6 ملليمتر درجة التخلص من الإجهاد "100°c" – درجة حرارة الغرفة "30°c".

ويتم تصميم الجدول والمنحنى الحراري كما يلي:

- معدل الارتفاع بالحرارة إلى درجة حرارة التثبيت[أ] = $\frac{4.5}{d^2}$ = 12.5 درجة/دقيقة

[أ] حيث يتم تنفيذ هذا الأسلوب الزخرفي على الآنية سابقة الإنتاج، فلابد أن يكون الفرن والآنية في نفس درجة حرارة الغرفة 30°c ثم ترفع درجة الحرارة إلى درجة حرارة التثبيت ويستمر العمل حتى نهاية التنفيذ حسب تصميم المنحنى ويراعي في المنحنى المصمم لذلك عدم وجود فترة بقاء عند درجة حرارة التثبيت نظراً لمتطلبات وطبيعة المواد الملونة وحتى لا تتغير خواصها

- زمن الوصول لدرجة حرارة التثبيت = $\frac{\text{درجات الحرارة المطلوب رفعها}}{\text{المعدل}}$ = 53.6 دقيقة

- معدل النزول لدرجة حرارة التبريد = $\frac{1.6}{d^2}$ = 4.4 درجة / دقيقة.

- زمن النزول لحرارة التبريد = $\frac{\text{درجات الحرارة المطلوب نزولها}}{\text{المعدل}}$ = 22.7 دقيقة

- زمن البقاء في حرارة التبريد = 15 دقيقة.

- معدل التبريد البطئ = $\frac{1.3}{d^2}$ = 3.6 درجة / دقيقة.

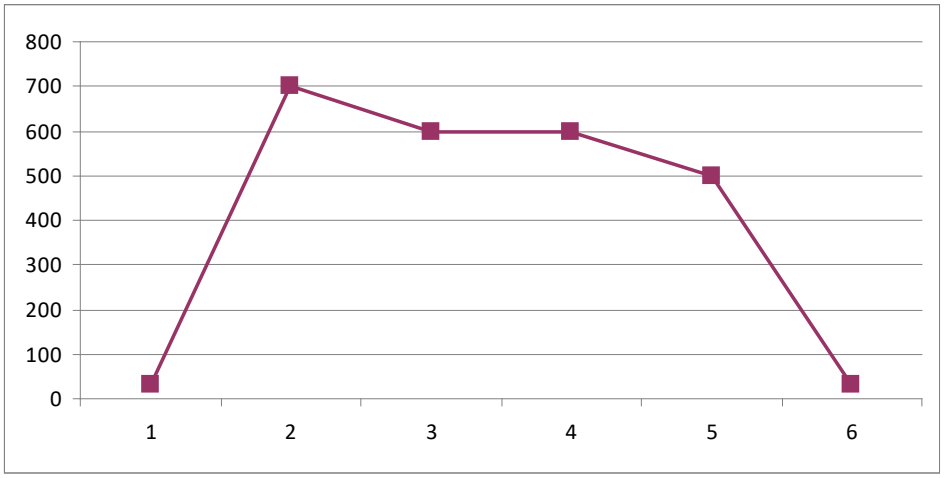
- زمن التبريد البطئ = $\frac{\text{درجات الحرارة المطلوب نزولها}}{\text{المعدل}}$ = 27.8 دقيقة

- معدل التبريد السريع = $\frac{3.5}{d^2}$ = 9.7 درجة / دقيقة.

- زمن التبريد السريع = $\frac{\text{درجات الحرارة المتبقية}}{\text{المعدل}}$ = 48.5 دقيقة

- الزمن الكلي اللازم لتثبيت الملونات على الآنية وتبريدها

= مجموع الأزمنة السابقة = 167.6 دقيقة.



المنحنى رقم (3): المنحني الحراري لأسلوب التذهيب والملونات الشفافة

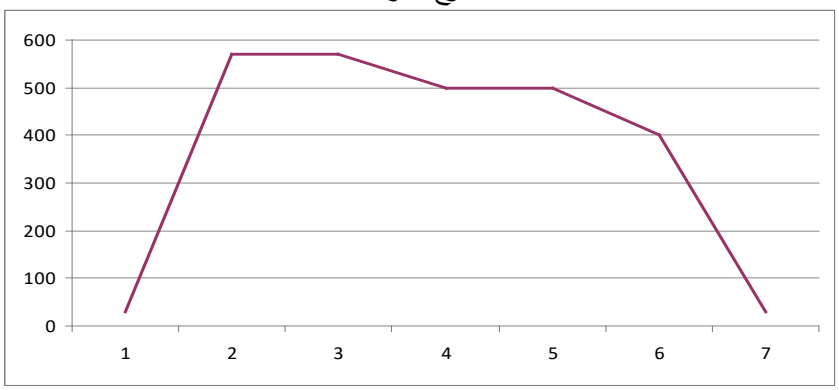
3-2-3- الجدول والمنحنى الحراري لزخرفة الكرنكل والملونات المعتمة[أ]:

يراعي فيه أن: درجة حرارة التثبيت "570°c" – درجة حرارة التبريد "500°c" – سمك الزجاج 6 ملليمتر درجة التخلص من الإجهاد "100°c" – درجة حرارة الغرفة "30°c".

ويتم تصميم الجدول والمنحنى الحراري كما يلي:-

- معدل الارتفاع بالحرارة إلى درجة حرارة التثبيت= $\frac{4.5}{d^2}$ = 12.5 درجة/دقيقة
  (4.5 ← ثابت، d^2 ← سمك الزجاج)
- زمن الوصول لدرجة حرارة التثبيت = $\frac{\text{درجات الحرارة المطلوب رفعها}}{\text{المعدل}}$ = 43.2 دقيقة
- زمن البقاء في درجة حرارة التثبيت= متوسط "السمك ×20 + السمك ×30" = 15 دقيقة
- معدل النزول لدرجة حرارة التبريد = $\frac{1.6}{d^2}$ = 4.4 درجة / دقيقة.
- زمن النزول لحرارة التبريد = $\frac{\text{درجات الحرارة المطلوب نزولها}}{\text{المعدل}}$ = 15.9 دقيقة
- زمن البقاء في حرارة التبريد = 15 دقيقة.
- معدل التبريد البطئ = $\frac{1.3}{d^2}$ = 3.6 درجة / دقيقة.
- زمن التبريد البطئ = $\frac{\text{درجات الحرارة المطلوب نزولها}}{\text{المعدل}}$ = 27.8 دقيقة
- معدل التبريد السريع = $\frac{3.5}{d^2}$ = 9.7 درجة / دقيقة.
- زمن التبريد السريع = $\frac{\text{درجات الحرارة المتبقية}}{\text{المعدل}}$ = 38.14 دقيقة
- الزمن الكلي اللازم لتثبيت الزخارف على الآنية وتبريدها

= مجموع الأزمنة السابقة = 155.04 دقيقة.



المنحنى رقم "4": المنحنى الحراري لأساليب الزخرفة بالكرنكل والملونات المعتمة

[أ] هذا الأسلوب يتم تنفيذه على الآنية سابقة الإنتاج فلابد أن تكون حرارة الفرن في نفس حرارة الإناء 30°c عند بداية التنفيذ.

3-3 آثر المنحنيات الحرارية على تفعيل دور الزخرفة على الآنية الزجاجية:-

تصميم الجداول والمنحنيات الحرارية الدقيقة الخاصة بكل أسلوب تقني من الأساليب المستخدمة في زخرفة أسطح الآنية الزجاجية وبما يناسب متطلبات كل تقنية من هذه التقنيات ساعد على تفعيل دور التقنيات الزخرفية الإسلامية على الآنية الزجاجية والذي أدى بدوره إلى تأكيد القيم الجمالية والوظيفية التي أنتج من أجلها، وبهذا يصبح المنتج على مستوى الجودة القادرة على المنافسة بالإضافة إلى أنه يعمل على إحياء هذه الصناعة وانتعاشها من جديد، وزيادة طلب السوق عليها في ظل عصر العولمة الذي أغرق الأسواق بالآنية الزجاجية المصنعة آلياً لعديد من البلدان المختلفة والتي اختفت معها الهوية والعناصر المميزة لكل بلد، وأصبح التأكيد على بلد المنشأ فقط لا غير.

ولهذا قمنا من خلال بحثنا بما يلي:-

3-3-1 تصنيف الأساليب التقنية للزخارف الإسلامية على الآنية الزجاجية طبقاً للمدى الحراري مما كان له أكبر الأثر في تذليل الصعاب وحل مشكلات الإنتاج.

3-3-2 تصميم الجداول والمنحنيات الحرارية الخاصة بكل تقنية لتفعيل دورها في زخرفة الآنية الزجاجية.

3-3-3 تحديد أنسب أنواع الأفران لتنفيذ هذه الأساليب الزخرفية، وهذا أدى بدوره لتقليل نسبة الفاقد من الإنتاج.

3-3-4 رفع جودة المنتج مما يزيد من قدرته على المنافسة وفتح الأسواق.

4- النتائج:

نظراً لما تضفيه الأساليب الزخرفية على أسطح الآنية الزجاجية من قيم جمالية تزيد من قيمتها الاقتصادية، وما قمنا به من خلال بحثنا لتفعيل هذا الدور توصلنا إلى النتائج التالية:

4-1 تفعيل دور صناعة الآنية الزجاجية المزخرفة بالأساليب التقنية الإسلامية.

4-2 جودة المنتجات المنفذة باتباع هذه المنحنيات يزيد من قدرتها التنافسية وزيادة الاستثمارات التي تسهم بدورها في زيادة الدخل القومي.

4-3 تفعيل الأساليب الزخرفية الإسلامية على المنتج المصري المعاصر، يؤكد هويته ويفتح أمامه الطريق للتميز عالمياً.

4-4 فتح مجال عمل جديد يضاف إلى سوق العمل ويحد من مشكلة البطالة ويعد إحدى مشروعات الصناعات الصغيرة ومتحدي الإعاقة، خاصة معاقي الجزء السفلى.

5- التوصيات:

لتفعيل مثل هذه الأبحاث نوصى بما يلي:

5-1 العمل على الدخول في التحالفات والتكتلات الاقتصادية العالمية بتفعيل دور هذه الصناعة.

5-2 زيادة التسهيلات التمويلية والائتمانية لإقامة مشاريع الصناعات التراثية نظراً لإسهامها في حل مشكلة البطالة.

5-3 فرص اتباع المناهج العلمية والتجريبية على القائمين بهذه الصناعة ومتابعتهم للإنجازات التي تتحقق يوماً بيوم.

5-4 وضع برامج تدريب مجانية للشباب في هذا المجال من خلال برامج التعاون المختلفة.

5-5 مشاركة جميع الأطراف المتخصصة والمتداخلة في الإنتاج لحل مشكلاته والعمل على تطويره.

6- المراجع:

6-1- حسن الباشا. الدكتور. الفنون الإسلامية. 1965.

6-2- علا عبد اللطيف. الدكتور. علاقة اللون بالشكل لتصميم زجاجات العطور. ماجستير. الفنون التطبيقية 1996.

6-3- على الطايش. الدكتور. الفنون الزخرفية الإسلامية المبكرة في العصرين الآموي والعباسي 2000.

6-4- فاطمة الشناوي. الدكتور. اعتبارات تبريد المنتجات الزجاجية. دكتوراه. الفنون التطبيقية 1995.

6-5- فاطمة الشناوي. الدكتور. تكنولوجيا أفران تبريد الزجاج. منهج تدريس لطلاب مرحلة البكالوريوس. قسم الزجاج. كلية الفنون التطبيقية.

6-6- فاطمة الشناوي. الدكتور. تنمية الصناعات التقليدية والتراثية في مجال الزخرفة على الأسطح الزجاجية بتصميم وحدة فرن تعمل بالغاز الطبيعي. بحث منشور. للمؤتمر القومي الثاني للصناعات التقليدية والحرف التراثية. 2005.

6-7- محمد عبد العزيز. الدكتور. الفنون الإسلامية في العصر العثماني. 1974.

6-8- Adams P.B. Glass containers for ultrapure solutions corning, Glass works. Corming New York. USA. 1973.

6-9- Frank. Kulasiwicz. Glass blowing.

6-10-George W. Mc. Lollan & Errol B. Shand "Glass engineering" Handbook. Third Edition McGraw hill book company 1984.

6-11- Hawkins L. Art metal and Enamelling U.S.A 1973.