وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الأنبار
كلية العلوم – قسم الكيمياء

الاستفادة من حطام الزجاج في تصنيع [الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) ، الكاشي السيراميكي المقاوم للمواد الكيمياوية والزجاج العاكس للضوء] ودراسة خصائصها

رسالة تقدم بها الطالب

ستار سالم إبراهيم الجنابي

الى مجلس كلية العلوم بجامعة الأنبار وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الكيمياء

إشراف

الدكتور صبري محمد حسين المرسومي

و

الدكتور محمد احمد عواد الكربولي

١٤٢٢ هـ ٢٠٠١م

بسم الله الرحمن الرحيم

اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالأَرْضِ مَثَلُ نُورِهِ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ الْمِصْبَاحُ فِي
زُجَاجَةٍ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبَارَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لا
شَرْقِيَّةٍ وَلا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُورٌ عَلَى نُورٍ
يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الأَمْثَالَ لِلنَّاسِ
وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

صدق الله العظيم

النور / ٣٥

إقرار المشرف

نُقــر بــأن إعــداد الرســالة قــد جــرى تحــت إشــرافنا في قســم الكيميــاء في كليــة العلوم – جامعة الأنبار – كجزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الكيمياء .

أسم المشرف :- الدكتور صبري محمد حسين المرسومي
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد
القسم :- الكيمياء
الكلية والجامعة : - كلية العلوم - جامعة الأنبار

التوقيع

التأريخ / /٢٠٠١

أسم المشرف :- الدكتور محمد احمد عواد الكربولي
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد
القسم :- الكيمياء
الكلية والجامعة : - كلية التربية - جامعة الأنبار

التوقيع

التأريخ / /٢٠٠١

بناءاً على التوصيات المتوفرة ، أرشح هذه الرسالة للمناقشة

التوقيع

الأسم :- أ.د إسماعيل خليل الخطيب
المرتبة العلمية :- أستاذ
التأريخ / /٢٠٠١

إقرار لجنة المشرف

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعين أدناه نشهد بأننا قرأنا هذه الرسالة المقدمة من قبل الطالب (ستار سالم إبراهيم) وقد ناقشنا الطالب في محتوياتها وفيما له علاقة بها فوجدنا أنها جديرة بالقبول لنيل درجة ماجستير علوم في الكيمياء بتقدير ( )

رئيس اللجنة

التوقيع
الأسم : د. ضياء يوسف الراوي
المرتبة العلمية : أستاذ
العنوان : كليةالعلوم / جامعة الأنبار
التأريخ / /٢٠٠١

عضو اللجنة

التوقيع
الأسم : د. أسماعيل خليل الخطيب
المرتبة العلمية : أستاذ
العنوان : كليةالعلوم / جامعة الأنبار
التأريخ / /٢٠٠١

عضو اللجنة

التوقيع
الأسم : د. باسمة محسن سرحان
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد
العنوان : كليةالتربية / أبن الهيثم – جامعة بغداد
التأريخ / /٢٠٠١

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع
ألأسم:- د. صبري محمد حسين المرسومي
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد
العنوان : - كلية العلوم - جامعة الأنبار
التأريخ / /٢٠٠١

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع
ألأسم:- د. محمد أحمد عواد الكربولي
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد
العنوان : - كلية التربية - جامعة الأنبار
التأريخ / /٢٠٠١

مصادقة عميد كلية العلوم – جامعة الأنبار

أصادق على ما جاء في قرار اللجنة أعلاه

التوقيع
الأسم : د. ضياء يوسف الراوي
المرتبة العلمية : أستاذ
التأريخ / /٢٠٠١

شكر وثناء

ينتاب المرء حين ينوي جني ثمار جهده شعوراً يتجه صوب العرفان والأجلال لكل من أسهم في إنماء هذه الثمار أو ساعد على إنضاجها ....

واستجابة لهذا المعنى الإنساني للعمل العلمي أتقدم بجزيل الشكر وفائق التقدير الى أساتذتي الأفاضل **الدكتور صبري محمد حسين المرسومي والدكتور محمد احمد عواد الكربولي** اللذان أفاضا عليّ وعلى الرسالة أدباً وعلماً وخلقاً كريماً ...

وتدفعني معاني العرفان الى إسداء الشكر والتقدير الى رئيس وأساتذة قسم الكيمياء في كلية العلوم بجامعة الأنبار وأساتذة قسم الكيمياء في كلية التربية بجامعة الأنبار ...

كما ويدعوني واجب الاعتراف بالجميل الى تقديم خالص الشكر والتقدير الى الدكتور خميس احمد عبد الرزاق لما قدمه لي من عون . والأخوة في مكتب الكواكب للحاسبات على طباعة واستنساخ هذا الجهد المتواضع .

وأخيراً أتقدم بشكري الى السيد مدير عام شركة الرشيد العامة والسيد عدنان فيصل المنسق بين شركة الرشيد وأساتذة الجامعة والى طلبة الدراسات العليا في كلية العلوم – قسم الكيمياء ومنهم السيد محمد عبد الكريم والسيد يوسف هندي والسيد حميد خالد والسيد حميد حسين والسيد صداع والسيد مثنى محمد سرحان ، الذين أبدوا ملاحظاتهم القيمة السديدة .

والله نسأل التوفيق ونشكر فضله على إتمام هذا البحث

الباحث

Summary

The present thesis in aimed to study the usage of cullet [glass rackage] which has been produced during the manufacturing processes of glass industries . The following field were tested :-

1- Producing of block glass [foam glass]
2- Producing of ceramic resistant to some chemicals solvents .
3- Producing of reflectance glass .

Chemical , Physical and mechanical properties of block glass and ceramic were investjated , however highly attention were given to the optimum condition of production , as will as the application of additives such as dolomite

The results showed thae the acceptable properties were occurred with the products . Thermal expansion , chemical resistance to low and high temp.

Attempt was carried out to produce reflectance glass according to glass cullet type and the purpose of lamp system design . The results confermed the production of reflectance glass .

However , the addition of lead oxid led to improve the chemical and physical characteristic .

فهرست الجداول

رقم الجدول	الجدول	الصفحة
١	التحليل الكيميائي لبعض أنواع حطام الزجاج	٦
٢	مديات استخدام الحطام كنسبة مئوية مع المواد لمختلف الصناعات الزجاجية	١١
٣	المواد الكيميائية المستخدمة في البحث	٢٦
٤	الخصائص الفيزيائية للزجاج الرغوي [الطابوق الزجاجي] المصنع	٤٥
٥	المقارنة بين كثافة الزجاج الرغوي المصنع وكثافة المواد العازلة الأخرى .	٤٦
٦	أوجه المقارنة بين الزجاج الرغوي المصنع والمواد العازلة الأخرى من حيث التوصيلية الحرارية	٤٧
٧	بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية للزجاج الرغوي المصنع	٤٩
٨	مقارنة بين الزجاج الرغوي المصنع والمواد العازلة الأخرى نسبة لامتصاص الماء .	٥٠
٩	مقدار الفقدان بالوزن عند الغمر بمحاليل كيميائية مختلفة لخلطة مكونه من ٪ ٩٨ حطام زجاج و ٪ ٢ دولومايت	٥٠
١٠	الخصائص الميكانيكية للزجاج الرغوي المصنع	٥١
١١	مقارنة قوة الانضغاطية بين الزجاج الرغوي المصنع والمواد العازلة المختلفة	٥٢
١٢	الخلطات التجريبية المستخدمة لتصنيع الزجاج الرغوي [الطابوق الزجاجي]	٣٠
١٣	الخلطات التجريبية لتصنيع الكاشي السيراميكي	٣٢
١٤	نتائج التحليل الكيميائي لحطام زجاج الألواح	٤٠
١٥	نتائج التحليل الكيميائي لحطام زجاج الأواني	٤٠
١٦	نتائج التحليل الكيميائي للدولومايت المطحون	٤٢
١٧	مقدار الفقدان بالوزن للقطع السيراميكية المصنعة من ٪٩٠ وحطام زجاج ٪١٠ بنتونايت عن غمرها بمحاليل كيميائية مختلفة	٥٥
١٨	الخصائص الميكانيكية لبعض القطع السيراميكية المصنعة	٥٦
١٩	الخصائص الفيزيائية للزجاج العاكس للضوء الناتج من حطام الزجاج فقط	٥٧
٢٠	الخصائص الفيزيائية للزجاج العاكس للضوء الناتج من إضافة ٪٢١ أوكسيد الرصاص	٥٨

فهرست الأشكال

رقم الأشكال	الشكل	الصفحة
١	تأثير زيادة نسبة الحطام على معدل الصهر للخلطة	١٠
٢	رسم تخطيطي للجهاز المستخدم في تصنيع الزجاج العاكس للضوء	٣٤
٣	التحليل الحراري التفاضلي [DTA] للدولومايت	٤٣
٤	طيف الأشعة السينية [X- Ray] للزجاج الرغوي [الطابوق الزجاجي]	٤٤

فهرست المحتويات

الرقم	الموضوع	الصفحة
	الفصل الأول	
	المقدمة	١
١ – ١		
١ – ٢	خصائص الزجاج	٤
١ – ٢ – ١	الخصائص الكيميائية للزجاج	٤
١ – ٢ – ٢	الخصائص الفيزيائية للزجاج	٤
١ – ٢ – ٣	الخصائص الميكانيكية للزجاج	٤
١ – ٢ – ٤	الخصائص الحرارية للزجاج	٥
١ – ٢ – ٥	الخصائص الكهربائية للزجاج	٥
١ – ٢ – ٦	الخصائص البصرية للزجاج	٥
١ – ٣	حطام الزجاج	٥
١ – ٤	مجالات الأستفادة من حطام الزجاج	٧
١ – ٤ – ١	في مجال صناعة الزجاج	٧

١ – ٤ – ٢	في مجـــــــال صـــــــناعة الزجـــــــاج الرغـــــــوي	١٢
١ – ٥	رغـــــــــــــــــــوة الزجـــــــــــــــــــاج	١٣
١ – ٦	طحن الحطام كطريقة جديدة لجودة الحطام المطابق لمواصفات البيئة	١٤
١ – ٧	المـــــــــــــواد المقاومـــــــــــــة للحـــــــــــــرارة	١٥
١ – ٨	الطـــــــــــــــــــابوق النـــــــــــــــــــاري	١٦
١ – ٩	العـــــــــــــــــــازل الحـــــــــــــــــــراري	١٦
١ – ٩ – ١	فوائـــــــــــد العـــــــــــوازل الحراريـــــــــــة	١٩
١ – ٩ – ٢	أنـــــــــــــــــــواع العـــــــــــــــــــوازل الحرارية.....	١٧–١٨
١ – ١٠	الـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــدولومايت	١٨
١ – ١١	الكاشـــــــي الســـــــيراميكي المقـــــــاوم للمـــــــواد الكيمياويـــــــة	١٩
١ – ١٢	البنتونايـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــت	٢٠
١ – ١٣	الزجـــــــــــــاج العـــــــــــــاكس للضـــــــــــــوء	٢١–٢٣

الرقم	الموضوع	الصفحة
	الفصل الثاني [الجزء العملي]	

٢ – ١	الأجهـــــــزة المســـــــتخدمة في عمليـــــــات التصـــــــنيع	٢٤
٢ – ٢	الأجهـــــــزة المســـــــتخدمة في إجـــــــراء الفحوصـــــــات	٢٥
٢ – ٣	المـــــــواد الكيمياويـــــــة المســـــــتخدمة في البحـــــــث	٢٦
٢ – ٤	التحليـــل الكيميـــائي للمـــواد الأوليـــة [الـــدولومايت والبنتونايـــت]	٢٧
٢ – ٤ – ١	حســـــــاب نســـــــبة الفقـــــــدان [L.O.I]	٢٧
٢ – ٤ – ٢	تعـــــــــــــــيين نســـــــــــــــبة SiO_2	٢٧
٢ – ٤ – ٣	تعـــــــــــيين نســـــــــــبة R_2O_3	٢٨–٢٧
٢ – ٤ – ٤	حســـــــــــــــاب نســـــــــــــــبة CaO	٢٨
٢ – ٤ – ٥	حســـــــــــــــاب نســـــــــــــــبة MgO	٢٩–٢٨
٢ – ٥	التحليـــــــــل الكيميـــــــــائي لحطـــــــــام الزجـــــــــاج	٢٩
٢ – ٥ – ١	حســـــــــــــــاب نســـــــــــــــبة SiO_2	٢٩
٢ – ٥ – ٢	حســـــــاب نســـــــبة MgO , R_2O_3 , CaO	٢٩
٢ – ٥ – ٣	حســـــــــــــــاب نســـــــــــــــبة Na_2O	٢٩
٢ – ٦	طريقـــــــة العمـــــــل لتصـــــــنيع المـــــــواد الرئيســـــــية	٣٠
٢ – ٦ – ١	تصـــــــنيع الطـــــــابوق الزجـــــــاجي [الزجـــــــاج الرغـــــــوي]	٣٠

	.....	
٢-٦-١-١	ملاحظات عامة عن الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي)	٣١
٢-٦-٢	تصنيع الكاشي السيراميكي المقاوم للمواد الكيمياوية [الأحماض ، الماء و القواعد]	٣٢
٢-٦-٣	تصنيع الزجاج العاكس للضوء	٣٣
٢-٧	تعيين الكثافة ، المسامية الظاهرية ٪ و الوزن النوعي	٣٥
٢-٨	تعيين نسبة امتصاص الماء	٣٦
٢-٩	تعيين قوة الأنضغاطية	٣٦
٢-١٠	تعيين التوصيلية الحرارية	٣٧
٢-١١	فحص الأشعة السينية	٣٧
٢-١٢	مقاومة الحوامض	٣٧
٢-١٣	تعيين معايير الكسر	٣٨-٣٧
	الفصل الثالث [النتائج والمناقشة]	
٣-١	الجزء الأول [الأستفادة من حطام الزجاج في تصنيع الزجاج الرغوي " الطابوق	٤١

الزجاجي " ودراسة خصائصه]

٣ – ٢ الخصائص الفيزيائية ٤٥

٣ – ٢ –١ الكثافة ٤٦

٣ – ٢ –٢ معامل التمدد الحراري ٤٧

٣ – ٢ –٣ التوصيلية الحرارية ٤٨

٣ – ٢ –٤ نفاذية الصوت ٤٨

٣ – ٢ –٥ درجة الأشتغال ٤٩

٣ – ٣ الخصائص الكيميائية ٥١

٣ – ٤ الخصائص الميكانيكية ٥١

٣ – ٤ –١ قوة الأنضغاط ٥١

٣ – ٤ –٢ الخاصية الشعرية ٥٢

٣ – ٤ –٣ معايير الكسر ٥٣

٣ – ٥ الجزء الثاني ٥٤

الاستفادة من حطام الزجاج في تصنيع كاشي سيراميكي مقاوم للمواد الكيمياوية

٣ – ٦ الخصـــــــــــــــــــــائص الكيميائيـــــــــــــــــــــــة ٥٤

٣ – ٧ الخصـــائص الميكانيكيـــة ٥٦

٣ – ٨ الجزء الثالث
تصنيع زجاج عاكس للضوء ٥٧

الأستنتاجات ٥٩

الأبحاث المستقبلية ٦٠

المصادر ٦١-٦٤

الفصل الأول

[1 – 1] المقدمـــة

يعتبر الزجاج أحد المواد المهمة منذ اكتشافه حتى الوقت الحاضر ، نظراً لما يتميز به من خواص فيزياوية وكيمياوية فريدة من نوعها من جهة وسهولة تصنيعه من جهة أخرى . وكان الاهتمام في البدء منصباً على تصنيع الزجاج فقط ، لكن مع حلول القرن الحالي شهدت صناعة الزجاج تقدماً هائلاً من الناحيتين العلمية والعملية ، فقد ساهم البحث العلمي الرصين مساهمة فعالة في دراسة الخواص الفيزياوية والكيمياوية للزجاج وأدى التقدم التقني إلى تحول صناعة الزجاج من صناعة يدوية إلى صناعة آلية متطورة . وتشير المصادر التأريخية [١] إلى أن الزجاج واحد من أقدم المواد التي عرفها العرب الأوائل وهم أول من انشأ صناعة الزجاج في التأريخ وكان ذلك قبل أكثر من خمسة آلاف سنة ، ويرجع لهم الفضل في اكتشاف صناعة الزجاج وإرساء قواعد صناعته .

أما صناعة الزجاج في العراق الحديث فقد شهدت تقدماً كبيراً مع تأسيس الشركة العامة للزجاج والسيراميك ونتيجة لأهمية صناعة الزجاج فقد جرت العديد من الدراسات والبحوث في العراق بخصوص هذه الصناعة وذلك فيما يخص الجانب الاقتصادي [١ ، ٢] والصناعي [٣،٤،٥،٦] والجانب الأكاديمي مثل الخواص الضوئية [٧] والميكانيكية لزجاج الألواح العراقي [٨] وتأثير الأشعة النووية على الزجاج [٩] ، والزجاج المنفذ للأشعة تحت الحمراء [١٠] .

يعرف الزجاج بأنه ((سائل بُرد تحت درجة انجماده *Under Cooled* . أو سائل فائق البرودة [١١]، دون أن يحدث به أي تبلور)) .

ويظهر الزجاج بشكله الصلب نتيجة اللزوجة الكبيرة التي يكتسبها المنصهر (***Magma***)أثناء تبريده ، ويمتلك الزجاج بعض الخواص الفيزياوية المشابهة لخواص المواد الصلبة نفسها لكنه يختلف عنها بالتركيب غير المنتظم إذ يشبه السوائل من هذه الناحية [٨].

ولقد عدّه البعض بأنه حالة أخرى للمادة وهي الحالة الزجاجية Glassy state [١٢]. لكونه من السوائل تحت المبردة [٧،١٣].

ان هناك تعريفاً آخر شائعاً لمصطلح الزجاج هو ذلك التعريف الذي وضعته الجمعية الأمريكية لفحص المواد ASTM [١٤]. والذي ينص على ((ان الزجاج هو ناتج لا عضوي

لمنصهر تم تبريده إلى حالة صلدة دون ان يتبلور)) . هذا التعريف للزجاج يكون مناسباً لتلك الأنواع المألوفة من الزجاجيات مثل زجاج النوافذ ، الأواني الزجاجية ، عدسات الكاميرات ... الخ [١٥،١٦]. الا أن تعريف الـ (ASTM) هذا ليس دقيقاً جداً لأن هناك مواد عضوية يمكن أن تشكل الزجاج مثل الكليسرول Glycerol اضافة إلى أن هناك بعض أنواع الزجاج لا يصنع بوساطة تبريد المنصهر [٦].

حيث أن الصلب اللابلوري يمكن أن يصنع بوساطة الترسيب من طور البخار أو بالترذذ Sputtering في نظام الضغط الواطئ ، وهذه المواد تمتلك التركيب الكيمياوي نفسه وعلى ما يبدو خواص الزجاجيات نفسها المنتجة بالتبريد من المنصهر[١٧] .

وليس للزجاج نقطة إنصهار او إنجماد . فعندما يسخن الزجاج في حالته المستقرة عند درجة حرارة الغرفة يلين ولكن لا ينصهر .عندما يسخن الزجاج بدرجة حرارة ١٢٠٠ درجة مئوية أو أكثر يصبح الزجاج أكثر ليونة مثل الشراب وعندما يبرد يصبح مستقراً أكثر وأكثر ، هذه الحالة الفيزياوية للزجاج في درجات الحرارة المختلفة يمكن توضيحها بكونها نتيجة لتغيير لزوجة الزجاج وبما أنه ليس للزجاج نقطة انصهار ولا نقطة انجماد لذلك يُعدّ جسماً غير متبلور . Crypto crystalline

ولا يوجد للزجاج صيغة كيمياوية معينة اذ هو ليس بمركب واحد بل هو خليط من مركبات بنسب متباينة . يمكن القول بصورة عامة أن للزجاج الشائع الاستعمال التركيب الآتي (Na_2O . CaO . $6SiO_2$) وهو ما يدعى بزجاج (الصودا – لايم) ولكن ليس دائماً [١٨] .

وبتغير نسب هذه الأكاسيد فأنها تكوّن اصنافاً وأنواعاً مختلفة من الزجاج أهمها :

١- **زجاج السليكا** Silica glass or Fused Silica .
٢- **زجاج الجير (أو زجاج جير الصودا)** Soda - lime .
٣- **زجاج الرصاص** Lead glass .
٤- **زجاج البوروسليكيت** Boro silicate glass .
٥- **زجاج الوميناسليكيت** Alumino Silicate glass .

والزجاج الأول تكوّن بسبب وجود شوائب مختلفة مثل أكاسيد الحديد والكروم . وقد صنع أول زجاج عديم اللون قبل حوالي ١٥٠٠ سنة وفي ذلك الوقت وجدت صناعة الزجاج في روما ثم

انتقلت إلى أقطار أوربية أخرى . ومعظم معامل الزجاج أنشأت في فينيسيا والتطورات المهمة في صناعة الزجاج حدثت في هذه المدينة [١٩] .

يُعتبر ثاني أوكسيد السليكون (SiO_2) المكون الأساسي في الزجاج اذ بامكانه لوحده تكوين الزجاج (زجاج الكوارتز) ، ويمكن لثاني أوكسيد السليكون الظهور أيضاً في حالة بلورية على شكل بلورات من الكوارتز ، وتضاف عدة اكاسيد لزجاج الكوارتز لتحسين خواصه ، والزجاج الأكثر شيوعاً من بين مختلف أنواع الزجاج هو زجاج الصودا – لايم (Na_2O . CaO . $6SiO_2$) [٢٠] .

[1 – 2] خصائص الزجاج The properties of glass

للزجاج خصائص تميزه عن بقية المواد الأخرى . اذ تعتمد هذه الخصائص على الأكاسيد الداخلة في تكوينه ونسبها المئوية .

وعلى العموم فإن الزجاج يمتلك الخصائص الآتية :

[1-2-1] الخصائص الكيميائية للزجاج Chemical properties of glass

يُعتبر الزجاج من المواد المقاومة لفعل الماء والمحاليل القاعدية المخففة والأحماض [٢١] (عدا حامض الهيدروفلوريك HF) والقواعد المخففة .

أما المحاليل القلوية المركزة فلها تأثير واضح على الزجاج [٢٢] .

[2-2-1] الخصائص الفيزيائية للزجاج Physical properties of glass

تتمثل الخصائص الفيزيائية المهمة للزجاج بـ :-

١- اللزوجة [٢٣] .

٢- الكثافة [٢٤،٢٥،٢٦].

[3-2-1] الخصائص الميكانيكية للزجاج Mechanical properties of glass

يمكن إيجاز الخصائص الميكانيكية بما يأتي :

١- الصلابة [٢٧] .

٢- الصلادة [٢٧،٢٨] .

٣- الهشاشية .

٤- قوة الشد .

بشكل عام تعتمد المقاومة الميكانيكية على درجة حرارة التليين ووجود الـ AL^{+3} حيث تزداد المقاومة الميكانيكية بازدياد درجة حرارة التليين وتدعى هذه العملية بـ (تقسية الزجاج) .

[4-2-1] الخصائص الحرارية للزجاج Thermal properties of glass

١- التوصيل الحراري [١٢] .

٢- الحرارة النوعية [١٢] .

٣- التمدد الحراري [٢٨] .

[5-2-1] الخصائص الكهربائية للزجاج Electrical properties of glass

يمكن عَدّ الزجاج غير موصل للتيار الكهربائي في درجة الحرارة الاعتيادية لكن في درجات الحرارة العالية فإن الزجاج يصبح موصلاً للتيار الكهربائي حيث تصبح ذرات الداخلة في الخلطة حرة الحركة داخل المنصهر [٢٩] .

ففي درجة حرارة الغرفة يمتلك الزجاج مقاومة $١٠^{١٢}$ أوم . لكن عندما تصبح درجة الحرارة ٤٠٠ درجة مئوية تصبح المقاومة ٥٠ أوم [٣٠] .

[1-2-6] الخصائص البصرية للزجاج Optical properties of glass

١- الانعكاس . Reflection [٣١]
٢- الامتصاص .Absorption [٣١]
٣- الانكسار . Refraction [٣١]

[1 – 3] حطام الزجاج Glass Cullet

هو أحد النواتج العرضية التي تظهر خلال عملية تصنيع المنتجات الزجاجية المختلفة (الأواني الزجاجية ، قناني المشروبات الغازية ، قناني المشروبات الكحولية ، زجاج الألواح ، زجاج المصابيح) وذلك نتيجة لعدم مطابقة المنتوج للمواصفات القياسية أو لوجود بعض العيوب التصنيعية (فقاعات ، حبيبات سليكا غير منصهرة ، خيوط ، مواد غريبة من داخل الفرن) [٣٢].

اضافة إلى النفايات الزجاجية التي تظهر بعد الاستخدام مثل (جرار المعجون ، قناني المشروبات الغازية ، المصابيح الكهربائية العاطلة وغيرها) والتي قد تشكل تلوثاً بيئياً .

لا يوجد تركيب كيميائي ثابت ومحدد لحطام الزجاج بل يعتمد أساساً على التركيب الكيميائي للزجاج الذي ينتج عنه ذلك الحطام .

والجدول (١) يبين التحليل الكيميائي لحطام أنواع مختلفة من الزجاج [٤٠].

جدول (١)

التحليل الكيميائي لبعض أنواع حطام الزجاج

نوع الحطام	ثاني أوكسيد	أوكسيد	أوكسيد	أوكسيد	أوكسيد	أوكسيد

	السليكون SiO_2	الصوديوم Na_2O	البوتاسيوم K_2O	الكالسيوم CaO	المغنسيوم MgO	الألمنيوم Al_2O_3
الأواني الزجاجية	72	12	-	7.1	6.0	2.15
المصابيح الكهربائية	73.5	15	0.6	5	4.1	0.8
زجاج القنانى	72.1	14	0.5	10.0	1.0	2.0

[1– 4] مجالات الاستفادة من حطام الزجاج

[1– 4– 1] في مجال صناعة الزجاج

من المعروف أن حطام الزجاج ممكن أن يعاد صهره وتصنيع الزجاج منه مرة أخرى [٣٣] . ولكن إعادة الحطام إلى الفرن يجب أن تكون بصورة محدودة ولا تزيد عن الحدود المقررة حيث أن بعض المكونات في الحطام يتم فقدانها بالتطاير أو بالتبخير (بنسبة تتراوح من ٣%–٢ من وزنها في الزجاج الخارج في حالة استخدام الحطام لوحده [٣٣] . لذلك إذا أريد انتاج زجاج بنسبة تركيب الحطام الداخل فانه يجب اضافة من

(% ٣,٥ – ٢) جزء صودا آش (كاربونات الصوديوم Na_2CO_3) او بوتاش (كلوريد البوتاسيوم Kcl) لكل (١٠٠ جزء حطام) .

وعلى أية حال لا يمكن أن يكون للزجاج الناتج نفس التركيب الكيميائي للحطام أو أقل . حيث يتم ملاحظة وجود انحرافات بسيطة [٣٤] .

إذا أريد للزجاج المنتج استقرارية في التحليل الكيميائي لمكوناته يجب الحفاظ على معدل اضافة الحطام بصورة منتظمة ومن الحالات التي تظهر في الانتاج عند عدم توفر الشرط أعلاه هو أن الزجاج يصبح هش وضعيف المقاومة الكيمياوية وعدم الحصول على زجاج بتكوين جيد . خصوصاً إذا تم استخدام حطام لوحده بدون اضافة محسنات أو عند كون الحطام ليس ذا نقاوة عالية بسبب احتوائه على ملوثات مثل الغبار وبقايا حديد فرن التبريد التدريجي (الليز) [٣٥] .

ان اضافة الحطام لوحده يؤدي إلى حالة ركود في العجينة بسبب عدم وجود حالات تقلب العجينة لأن العجينة بحاجة إلى أن تخضع لتيارات الحمل للحصول على تجانس حراري وكيميائي وهذا لا يحصل الا في حالة اضافة مواد أولية تحتوي بالدرجة الأساسية على المصفيات مثل السلفات أو الزرنيخ والتي تهتم بشكل أساسي في تحرير غاز الأوكسجين الذي يعمل على خلط المنصهر الزجاجي واخراج الفقاعات إلى الخارج [٣٦] .

ان استخدام حطام ملوث يجب الابتعاد عنه نهائياً حيث باستخدام كمية منه إلى حوض المنصهر يؤدي إلى زيادة نسبة المواد غير المنصهرة [٣٥] .

وعلى العموم يضاف الحطام بنسبة (٣٠% –١٠) إلى خلطة المواد الأولية للزجاج المعني (أي حسب تركيب الزجاج وتركيب الحطام) والهدف من اضافته لتقليل درجة انصهار المواد الأولية وبالتالي تقليل الطاقة اللازمة للصهر كذلك له فائدة اقتصادية حيث يعمل على تقليل التلوث البيئي . وفيما يلي أهم تأثيرات إضافة الحطام الى الخلطة في مجال صناعة الزجاج .

١ – تأثير الحطام على مجريات العمل Influence of cullet on working properties

وجد ماسويني Mcswiney [٣٧] أن الزجاج المصنع من اضافة الحطام إلى خلطة المواد الأولية يمتاز بسهولة التكسر مقارنة مع مثيله المصنع من مواد أولية فقط وهذا ربما يعزى إلى تكوين الزجاج غير المتجانس .

لكن بالرغم من هذه المساوئ فان للحطام دوراً مهماً في مرحلة احماء الأفران في بدء العمل لحماية طابوق الأفران من التآكل حيث يُعد الحطام حالة معالجة لقسم من مصانع الزجاج حيث يُعد عاملاً بديلاً للخسارة التي يمكن أن يتعرض لها الانتاج في أحدث معامل الانتاج حيث يضاف لتحسين وضعية وحرارة تجانس المنتج [٣٨] .

٢- تأثير الحطام على خصائص الزجاج المنتج Influemce of cullet on properties of glass

من الملاحظ أن للحطام تأثيراً على خواص الزجاج المنتج وحسب نسبة الحطام المضافة حتى لو كان الحطام المستخدم من نوعية الزجاج المنتج نفسها . حيث تم ملاحظة أنه باستخدام حطام قليل إلى الخلطة (Batch) فان لزوجة الزجاج المنتج تكون قليلة .

وعندما تكون نسبة الحطام عالية فان اللزوجة تصبح عالية . لاحظ تيرنر Turner [٣٩] . الملاحظات نفسها حيث وجد أنه بزيادة الحطام فان معدل العمل يزداد بسبب زيادة اللزوجة للزجاج الخارج .

هذه التغيرات في اللزوجة ممكن حدوثها بسبب الفقدان في الأكاسيد القاعدية ومعدل فقاعات أقل في حالة الصهر واعادة الصهر له .

لذا ولغرض التخلص من هذه الحالة يتم اضافة كميات بسيطة من الأكاسيد القاعدية لغرض السيطرة على ارتفاع اللزوجة إلى مستوى أعلى . وأفضل ملح الكيلي للسيطرة على اللزوجة العالية بمستوى العمل بشكل أفضل للصهر الجيد وتآكل أقل ودرجة حرارة عمل جيدة هو باضافة (الصودا آش) أو البورات .

الزجاج المنتج من ٩٩% و ١% صودا – آش يصبح زجاج منبسط plain قبل غيره من انواع الزجاج .

٣- تأثير اضافة الحطام على زمن الصهر والتنقية The effect of cullet on and Fining Melting

ذكر ماسويني Mcswiney [٣٧] أن الحطام عندما يخلط مع المواد لا يلعب دوراً مساعداً للصهر وانما يلعب دور مخففاً للصهر والعجينة . حيث يقلل من طبقة الغشاء المتولدة في المواد الأولية عند صهرها في الفرن .

لذا فانه من الملاحظ أنه لمعدل سحب ثابت للفرن فان درجة حرارة الصهر ممكن أن يخفف في حالة ازدياد نسبة الحطام إلى المواد الأولية أو بمعنى آخر إذا تم ابقاء درجة الحرارة للمنصهر بشكل ثابت فان معدل الصهر يزداد .

ومن أعمال تيرنر Turner [٣٩] فرن بودقي pot melts لصهر زجاج نوع صودا – لايم حيث أن نسبة الحطام فيه تختلف من (% 0- 100) بسلسلة من التجارب حيث لم يلاحظ أي تغيير في معدل زمن الصهر .

وفي حالة أن نسبة الحطام محصورة بين (% 40 - 0) فوق معدل % 40 لاحظ معدل زمن الصهر يبدأ بالانخفاظ وفي دورات .

في التجارب الثلاثة الأخرى لاحظ أن زيادة نسبة الحطام تزيد من معدل الصهر وكما موضع في الشكل (١) [٤٠].

وفي جميع هذه التجارب لاحظ أن معدل طرد الفقاعات يزداد بزيادة نسبة الحطام . جميع الابحاث في هذا المجال [٤٠، ٤١] تؤكد أن طريقة تحضير الحطام البارد أو الحار المبرد تبريداً سريعاً يؤثر في معدلات الصهر أو التنقية وحتى ولو كان الحطام من النوع الذي به فقاعات عالية حيث أن دراسة بيسبوردوف Besborodov [٤٢] أظهرت أن الحجم الحبيبي (grain Size) للحطام له تاثير في زيادة معدلات التفاعلات وهي أعظم ما تكون عندما يكون الحطام ناعماً . (75, 65 , 56) مايكرون .

وقد وجد كيجلر Kigler [٤٣] وقد كان يعمل على زجاج الصودا – لايم أن زيادة نسبة الحطام من (% 40-30) لا يغير من وقت الصهر .

ان من المتبع عادة في صناعة الزجاج ولإسراع عملية الصهر باستخدام حوض الصهر أو ملئه بالحطام للمرة الأولى بعد الاحماء . بعد ذلك يتم العمل وفق الجدول المرسوم مع اضافة المواد وغيرها .

لذا من المفضل في حالات انتاج الزجاج العادي إضافة الحطام بنسب كافية لطرد الفقاعات وامكانية الحصول على تيارات حمل جيدة لزيادة كفاءة التفاعلات داخل حوض الفرن [٤٣] .

والجدول (٢) يبين مديات استخدام الحطام نسبة مئوية مع المواد لمختلف الصناعات الزجاجية .

الجدول (٢)

يبين مديات استخدام الحطام كنسبة مئوية مع المواد لمختلف الصناعات الزجاجية[٤٠]

ت	نوع الزجاج المصنع	كمية الحطام المضافة إلى الخلطة	
		الحدود الدنيا ٪	الحدود العليا ٪
١-	زجاج متنوع	*25*	*75*
٢-	الأوعية الزجاجية المنفوخة	*15*	*75*
٣-	زجاج رولات مثل المصابيح	*10*	*80*
٤-	زجاج الشبابيك	*20*	*80*
٥-	الأدوات المنزلية	*10*	*52*

[1– 4– 2] في مجال صناعة الزجاج الرغوي

تم اقتراح الحصول على المواد المسامية من الزجاج المسماة بالطابوق الزجاجي (الزجاج الرغوي) وذلك عام ١٩٣٢ . كما تم تحديد الخواص الخاصة به وعينت مجالات استخدامه . واكتسب الزجاج الرغوي في الوقت الحاضر موقعاً معيناً لأغراض معمارية بنائية وبكونه مادة عازلة وتقنية [٤٤] .

ان الخصائص المختلفة للزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) تتيح الفرصة لاستخدامه على نطاق واسع على شكل كتل وألواح وقطع وصفائح .

كما ان المقاومة الميكانيكية للزجاج الرغوي [الطابوق الزجاجي] تنمو بازدياد كتلته الحجمية وتتذبذب بحدود واسعة [٤٥] .

ان الطابوق الزجاجي بحجم يعادل kg/m^3 ٧٠٠ يمتاز بمتانة عالية وبمقاومة ميكانيكية عالية تصل الى ($500\ KN/m^2$) .

ومن بين المواد العازلة للحرارة المستخدمة حالياً في المجال المعماري والتكنولوجي لا يوجد بديل عن الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) بكفاءته في العزل الحراري والمقاومة الميكانيكية التي يبلغها .

ان استخدام الألواح المصنوعة من الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) كمادة عازلة في البناء وخاصة في صنع أجهزة الثلاجات لا يتطلب أية صيانة لازمة عند استخدام ألواح الحث وما شابه من مواد ذات مقاومة قليلة .

ان العزل الحراري الناجم عن الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) بالمقارنة مع المواد الأخرى هو أكثر فعالية واقتصاداً لا يتطلب تصليحات دائمية [٣٩،٤٢،٤٦].

ان امكانية اقتراح الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) مع مواد البناء تسمح باستخدامه في بناء الجدران وفي بناء المجمعات السكانية القياسية العاجلة .

والزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) يُعد مادة عازلة للصوت . كما أثبتت البحوث على خاصيته العالية في هذا المجال فهو يقلل الذبذبات الصوتية لمختلف الاهتزازات وبقياسات متساوية . والزجاج الرغوي سريع التعرض إلى المعالجة الميكانيكية ويمكن لصقه مع مواد أخرى . وله القابلية على القطع بالمنشار الاعتيادي وكذلك يمكن تثقيبه وتصنيعه بالمخاريط [٤٧] . ان جملة الخواص كالعزل الحراري والمقاومة العالية والعزل الصوتي وكذلك امكانية الاتصال بمواد النباء الأخرى مثل (السمنت والخرسانة والطابوق والفخار البنائي والحديد ... الخ) تتيح الفرصة له لتسميته مادة تركيبية ذات كفاءة عالية وكمادة عازلة في البناء ليس فقط للحواجز الداخلية وانما لسد ثغرات الجدران الخارجية خاصة في التشييدات الشاهقة وفي الحالات الاعتيادية دائماً .

ان استخدام الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) بمثابة سد منيع لذلك يسمح في تخفيض أسعار الجدران الخارجية وتقليل الأحمال التي تقع فوق الأساس ويعمل على تخفيض سعر الكلفة في البناء بحدود ٥٠% من القيمة الأصلية.

ليس باستطاعة الجرذان التهام الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) مما يجعله ذا فعالية عالية في بناء المستودعات والمخازن لخزن المؤن والمأكولات .

والزجاج الرغوي بكونه مادة طافية يمكن استخدامها في الوسائل التي تساعد في الانقاذ وصنع جسور للزوارق وكذلك لتغطية الأحواض المصنوعة من المواد المعدنية الانشائية والحفاظ على البواخر من الصدأ وفي صنع الحواجز التي يتم وضعها داخل السفن البحرية والزوارق النهرية [٢٧] .

ويمكن استخدام الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) في وسائل النقل بواسطة سكك الحديد وذلك لغرض العزل الحراري لعربات التبريد والنقل الكهربائي وعربات النقل .

[1 – 5] رغوة الزجاج

يمكن صنع رغوة الزجاج بعدة طرائق ولكن هناك طريقتان فقط ذات فاعلية فائقة جداً هما :

الأولى : تعتمد على صنع الرغوة الزجاجية من تمييع كتلة حطام الزجاج (حطام الألواح ، الأواني ، قناني المشروبات الغازية وغيرها) [٤٨] .

الثانية : تتلخص في صهر مسحوق الزجاج والرغوة الناتجة مع الرغوة التالية بطريقة التسخين المستمر لكتلة الزجاج المنصهر بكاملها [٤٨].

ويمكن انجاز الطريقة الأولى تحت درجة حرارة تسخين الزجاج من(١٢٠٠-١١٠٠) درجة مئوية .

والطريقة الثانية يمكن انجازها تحت درجات حرارية من (٨٠٠-٧٠٠) درجة مئوية بخصوص مسحوق الزجاج الاعتيادي وبخصوص مسحوق الزجاج الذي يتم الحصول عليه من الصلصال (الطين) والمعادن اللافلزية أو الصخور الجيرية.

وفي الوقت الحاضر تم استخدام الطريقة الثانية على مستوى عالمي .

ان عملية صنع الرغوة تستمر على امتداد المدة الزمنية المحددة بصورة مضبوطة جداً ومن ثم تخفض درجات الحرارة وعندئذ تتصاعد شدة اللزوجة . وعند حدوث لزوجة عالية جداً بخصوص الرغوة تصبح مستقرة وتصبح قوية بصورة نهائية .

وتبعاً لما يؤديه الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) من غرض يمكن انتاجه بكونه مادة عازلة للحرارة تحت وطأة الوسائل المغلقة والوسائط الناقلة للصوت . كعادم للصوت . ومع الوسائط المغلقة – بكونه مادة مانعة للتسرب في البناء وبكونه مادة ميكانيكية متماسكة وصلدة في

التكنلوجيا ويمكن الاشارة إلى أن الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) يُعد مادة تأملية في المستقبل [٢٢،٢٣،٢٦] .

[1– 6] طحن الحطام كطريقة جديدة لجودة الحطام المطابق لمواصفات البيئة

واحدة من المشاكل في صناعة الحاوية الزجاجية من ناحية الحاجة وأيضاً (الرغبة) ان تستعمل زجاجاً واحداً أو أكثر من قدح مكرر لانتاج الحاويات الزجاجية الجديدة . ومن الناحية الأخرى النوعيات المرفوضة من الحطام التي هي متوفرة بشكل تجاري حيث أن العديد من المشاكل الصناعية والعيوب في الحاويات المنتهية تنتج من هذه النوعية الرديئة . وهذه العيوب تتضمن الخزف أو أحجار ومواد سيراميكية ومواد بورسيلينية في الحاوية الزجاجية وهذه المواد هي عبارة عن مواد ملوثة للحطام أو الأواني الزجاجية . وهذه الملوثات تشكل ٦٩% من نسبة الحطام .

هذه الأحجار أو المواد الملوثة تؤدي إلى تقليل كميات الانتاج أو ربما تخلق إضعاف أو أجهاد حاد في جدار الحاوية الزجاجية وبالتالي تؤدي إلى تقليل الضغط الداخلي للحاوية الزجاجية وامكانية زيادة الانفجارات الزجاجية أو الزجاج المتكسر [٤٩،٥٠] .

منذ عام 1995 والناشر ***Heye Glas*** يقوم باستخدام طريقة الطحن للزجاج المعاد بغض النظر عن نظافته إلى أحجام حبيبية أقل من (1 mm) باستخدام نفس طريقة معاملة الأحجار وتكسيرها في معامل اعداد الاحجار [٥١] . مما أدى إلى استحداث معمل في مدينة أوبيرنكيرشن ***Obernkirchen*** وهو مختص بطحن الحطام مع الأخذ بالحسبان التحليل الكيمياوي للحطام المسحوق وثم معاملته بكونه مادة أولية حيث استخدمت حوالي (80%) من الحطام في هذا المصنع .

حيث شكل الحطام المطحون كمادة أولية أهمية عن ما كان يعمل به سابقاً بحدود 90% كما حدث في مصنع جيرميرشم ***Germersheim*** حيث كان هناك تحسين جيد في نوعية الحاويات التي انتجت في عام 1997 [٥٢] .

حيث اعتقد ***Heye Glas*** أن هذا المشروع الجديد سيساعد بأن خفض كلفة إعادة الزجاج وتحضيره .

في الوقت الحاضر أنظمة تحضير الحطام تعمل بالتقنيات المتطورة إلى حد كبير ولكن القرار هو أن يطحن الحطام . والحطام المطحون يلعب دوراً مهماً في تحسين نوعية الحاويات الزجاجية والمواد المنتجة حيث انه هذه التقنية هي خطوة في الاتجاه الصحيح أي أصبحت هناك مادة أولية ذات تركيب كيمياوي لا يختلف عن أي مادة موجودة في المواد المستخدمة لانتاج الأواني المنزلية الاعتيادية وقد أدت بالفعل إلى تخفيض التكاليف والى تشجيع الحكومات لاستخدام ذلك . كما ان له تأثيراً مباشراً في القضاء على ملوثات البيئة الصلبة [٤٩].

[1– 7]المواد المقاومة للحرارة

تستعمل عدة أنواع من المواد المقاومة للحرارة في بناء الأفران الزجاجية . ومن المهم جداً استعمال المواد الصحيحة في الأجهزة المختلفة في الفرن كما يجب استعمال المواد الحرارية ذات النوعية الجيدة ومن المهم أيضاً أن لا يكون هناك أي تفاعل متبادل بين المواد المتلامسة مع بعضها [٥٣] .

للحصول على كفاءة حرارية عالية للفرن من الضروري عزله بعناية ومن أنواع الطابوق الملائم للعزل هو الطابوق المسامي . اذ يمتلك هذا الطابوق عادة مقاومة عالية للصهر وعند صناعة هذه المادة تضاف بعض عوامل الارغاء (المواد التي تساعد على تكوين الرغوة) للحصول على المسامية المطلوبة ، وتتراوح المسامية عادة (50- 60%) [٥٤] .

[1-8] الطابوق الناري Fire brick

وهو مادة صلبة مسامية خفيفة الوزن غير قابلة للاحتراق غير موصلة للكهربائية وعازلة للحرارة ومن الممكن قطعها بالمنشار الاعتيادي وتشكيلها حسب الأشكال المطلوبة بسهولة . ومن الممكن انتاجها على شكل طابوق أو ألواح أو اسطوانات تستخدم في تغليف الأنابيب وكذلك يستخدم في تغليف الجدران والسقوف بكونها مادة عازلة للحرارة حيث يستعاض بشكل واسع عن استخدامات الفلين والستايروبور والصوف الزجاجي والفايبركلاس وغيرها من مواد العزل الحراري [٥٥] .

تم اقتراح الحصول على المواد المسامية من الزجاج والمسماة بالطابوق الزجاجي وذلك عام ١٩٣٥ . كما تم تحديد الخواص الخاصة بهذا الطابوق وكذلك عينت مجالات استخدامه .

واكتسب الطابوق الزجاجي في الوقت الحاضر موقعاً معيناً لأغراض معمارية بنائية بوصفه مادة عازلة وتقنية [٥٦] .

[9-1] العازل الحراري Thermal Isolation

هو عبارة عن مادة أو مجموعة مواد بامكانها عند الاستخدام الصحيح تقليل انتقال الطاقة الحرارية باشكالها الثلاثة (التوصيل ، الحمل والاشعاع) . وتتكون هذه المواد من ألياف أو جسيمات أو صفائح أو أغشية على شكل كتل أو قطع مفتوحة أو مغلقة الخلايا كلتا الحالتين معالجة بصورة كيميائية أو ميكانيكية [٥٧] .

[1-9-1] فوائد العوازل الحرارية [٥٧]

١- تقليل الطاقة من خلال تقليل انتقال الحرارة من الأنابيب أو مجاري الهواء والخزانات أو الاجهزة والمنشآت .

٢- السيطرة على درجات الحرارة على سطوح الأجهزة أو المنشآت وذلك لحماية الأشخاص وراحتهم .

٣- تسهيل السيطرة على درجات الحرارة في العمليات الكيميائية أو الأجهزة والمنشآت .

٤- تحديد انتشار الحرارة في المناطق التي يتغير معدل حرارتها مع الوقت .

٥- منع تكاثف بخار الماء على السطوح التي تكون درجات حرارتها أقل من نقطة ندى المحيط .

٦- منع أو تقليل للأضرار التي تصيب الأجهزة أو المنشآت بسبب تعرضها للنار أو اختلاف درجات الحرارة .

[1– 9– 2] أنواع العوازل الحرارية [٥٧]

يمكن تقسيم العازل الحراري المستعمل في الصناعة فيزيائياً إلى الأنواع التالية :

١- العازل الحراري المفكوك

وهو عبارة مسحوق حبيبي أو عقدي يمكن سكيه أو نفخه عند الاستعمال على السطوح المراد عزلها ويستعمل هذا العازل للسطوح الخشنة وغير المستوية .

٢- الاسمنت العازل

وهو عبارة عن مسحوق يمزج مع الماء عند الاستعمال للحصول على اللزوجة المطلوبة والليونة ويمكن سكبه مائعاً على السطوح المراد عزلها ومن ثم تنشيفه . ويستعمل كذلك للسطوح الخشنة وغير المستوية .

٣- العازل الحراري الصلب

يكون هذا العازل على شكل ألواح ذات أبعاد قياسية للطول والعرض والسمك اما إذا كان خاصاً بالأنابيب والسطوح المثخنة فيكون بشكل أنصاف أقطار أو قطع منحنية ذات مقاييس خاصة .

٤- العازل الحراري اللين أو نصف الصلب

يتكون هذا العازل من مواد عضوية أو غير عضوية لها درجات مختلفة من قابلية الضغط وتكون عادة على شكل غطاء أو لباد عازل يصنع على شكل صفيحة أو بطانية ويستعمل معها حاجز لبخار الماء ويمكن اعتباره مادة تسطيح نهائية وتشمل هذه الأغطية على تركيبه من الرقائق . النحاس ، البلاستيك ، الورق ، شبكة أسلاك معدنية بأسماك وأشكال حسب الطلب .

٥- العازل الحراري العاكس

ويكون هذا العازل على شكل صفائح أو لفائف ذات عدة طبقات حسب حاجة الاستعمال .

[1– 10] الدولومايت **Dolomite**

يتكون الدولومايت على شكل صخور بطريقة مشابهة تماماً لتكون حجر الكلس صيغته الكيمياوية $CaMg(CO_3)_2$ ، وتكون النوعية المطلوبة من الدولومايت مشابهة لنوعية حجر الكلس . أي يجب أن يكون مجموع أوكسيد الكالسيوم وأوكسيد المغنسيوم MgO : CaO لا يقل عن (٩٧%) .

يفضل عند صناعة الألواح الزجاجية استعمال الدولومايت بدلاً من حجر الكلس والسبب هو للحصول على أوكسيد المغنسيوم في الزجاج . حيث يعمل أوكسيد المغنسيوم على تقليل معدل تبلور الزجاج .

اما في صناعة القناني الزجاجية فليس هناك فرق كبير بين استعمال الدولومايت أو حجر الكلس [١٢] . وذلك لأنه في صناعة الأواني الزجاجية ليس بالضرورة أن تكون اللزوجة عالية كما أن الدولومايت في حالته الخام هو مركب يتكون من كاربونات الكالسيوم وكاربونات المغنسيوم بمختلف صفاته بانعدام النقاوة كالسليكا والألمنيوم وأوكسيد الحديدوز . ويمتاز الدولومايت بجسامة فقدانه في الوزن (غالباً ما يكون إلى حالة النصف من الوزن الاعتيادي) لغاية درجة ١٠٠٠ درجة مئوية . وهذا الفقدان في الوزن ناتج عن تحرر غاز CO_2 الدولومايت مادة ميالة إلى الهدرجة أو الفناء بسبب التقاطها لبخار الماء من الغلاف الجوي بواسطة الجير (الكلس) المسبب للتمدد [٥٨] .

كما أنّ للدولومايت درجات انصهار عالية حيث يتصف بأنه دسم في لونه وصلب وقوي وله ثقل نوعي خاص يقدر بـ ٢,٨١ . وهو مادة غالباً ما تكون نقية تحتوي ثاني أوكسيد السليكون وتتألف بصورة رئيسية من معدن الدولومايت (كاربونات المغنسيوم الكلسية) [٥٩] .

ان معدل أوكسيد الكالسيوم إلى أوكسيد المغنسيوم هو (% 40 - 1) فهي مادة أصيلة في القيمة النظرية لمعدن الدولومايت . لذلك فان الدولومايت العراقي يُعد مادةً خاماً ملائمة لصنع مواد دولومايتية مقاومة للصهر [٦٠] .

[1-11] الكاشي السيراميكي المقاوم للمواد الكيمياوية

يستخدم الكاشي السيراميكي في المختبرات ومعامل الصناعات الكيميائية والدوائية والغذائية أو مثلما تستعمل في العمليات الصناعية سواءاً أكان ذلك كمواد خام أم مكونات مواد وسطية أو نهائية في العمليات أو لغرض التنظيف وتكون هذه المواد الكيميائية عادة مؤذية في تأثيراتها على مواد البناء الاعتيادية مثل الكونكريت والحديد والخشب . لذلك تكون هناك حاجة دائمة إلى وقاية الأرضيات والقنوات وأحواض التجميع حيث أمكن وكذلك واجهات الجدران لتصبح قادرة على مقاومة التعرض لمثل هذه التأثيرات لذلك تم التفكير باستخدام حطام الزجاج في صناعة كاشي سيراميكي مقاوم للمواد الكيميائية بعد تحسين خواصه الميكانيكية عن طريق اضافة نسب من البنتونايت . حيث من المعروف أن أغلب المواد الكيميائية والدوائية تحفظ في علب زجاجية لكون الزجاج يمتلك مقاومة ضد تلك المواد .

[1-12] البنتونايت **Bentonite**

نوع من أنواع الأطيان وهو عبارة عن سليكات المغنيسيوم $MgSiO_3$ التي تمتاز بوجود نسبة كبيرة من معدن المونتمورلنايت [٦١] . الذي له القابلية الكبيرة على التبادل الأيوني وهناك عدة أنواع من البنتونايت أهمها صناعياً الصوديوم بنتونايت القابل للانتفاخ والذي يستعمل في مجالات مهمة في الحفر الآلي وتصفية الكبريت والزيوت وغيرها . وقد اكتشفت أطيان البنتونايت في العراق ضمن تكوين المقدادية . ويعتقد أنها قد تكونت بفعل العمليات التحويرية على الرماد البركاني المترسب من الجو أثناء ترسيب تكوين المقدادية والقادمة من الجهات المواجهة للشمال الشرقي من الطيات المحدبة في المناطق المتموجة وخاصة في سلسلة حمرين وهناك موقعان تم حساب الاحتياطي الصناعي فيهما هما قرة تبة وزرلوخ [٦٢] .

حيث يظهر البنتونايت بشكل طبقات عدسية بالتبادل مع الرماد البركاني والأطيان الأخرى . والبنتونايت العراقي من الكالسيوم بنتونايت الذي لا يتميز بقابليته على الانتفاخ . وبالتالي يحتاج إلى عمليات تنشيط بالحامض لغرض تحويله إلى صوديوم بنتونايت وقد أجريت عدة تجارب لتنشيط البنتونايت العراقي ولكن نجاحها الصناعي كان محدوداً [٦٢] .

[1– 13] الزجاج العاكس للضوء

من المعروف في الأدبيات [٤٧] . أن نوع الزجاج وبالتالي خصائصه الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية ... الخ تعتمد بشكل أساسي على نوع الأكاسيد الداخلة في خلطة المواد الأولية وعلى ترتيب ذرات الأكاسيد في الناتج النهائي التي تتم غالباً باحدى الطرائق الآتية .

١- **التردذ** **Sputtring** .

٢- **الترسيب بالفراغ** **Vacum deposition** [٦٣] .

٣- **دفن الأيونات** **Ion impiantation** [٦٤] .

٤- **الترسيب الكهروكيميائي** **Electro chemical deposition** .

٥- **تحلل البلازما** **Plasma decomposition** [٦٥] .

٦- **ترسيب البخار الكيميائي** **Chemical Vapor deposition** .

كذلك تعتمد خصائص الزجاج على طريقة تشكيله لذلك جاءت فكرة هذا الجزء من البحث للاستفادة من حطام الزجاج في تصنيع نوع من الزجاج البصري الذي له القابلية على عكس الضوء الساقط عليه مهما كانت زاوية السقوط .

ان دراسة الخواص الضوئية للزجاج مهمة من الناحيتين النظرية والتطبيقية فالكثير من التطبيقات العملية في صناعة الزجاج تستند إلى المفاهيم النظرية لانتاج أرقى أنواع المنتجات الزجاجية ذات الخواص الجيدة من الناحية الضوئية وأحسنها وخصوصاً في صناعة زجاج البصريات لعمل العدسات والمواشير والمرشحات اللونية .

كذلك ان دخول الزجاج في صناعة الأجهزة البصرية الحديثة كالليزر مثلاً بالاضافة إلى استخدامه في صناعة الألياف البصرية يتطلب المزيد من الدراسات والاختبارات للخواص الضوئية . وتضم الخواص الضوئية :-

١- **الانعكاس** . **Reflection**

٢- **الامتصاص** . **Absorption**

٣- الانكسار . **Refraction**
٤- النفوذية . **Transmission**

١- الانعكاس Reflection

الانعكاس في الضوء هو ارتداد لأمواج الضوء الساقط على سطح يفصل بين وسطين وتسمى النسبة بين شدة الضوء المنعكس والضوء الساقط بالانعكاسية Reflectance وأن قابلية الضوء على الانعكاس Reflection حين سقوطه عمودياً على سطح الزجاج تعطى بصيغى فرينل Fresnel's Formula [٣١] .

$$R = \left(\frac{n_o - 1}{n_1 + 1} \right)^2$$

حيث :

R = الانعكاسية .

n_o = معامل انكسار الوسط الأول (الهواء)

n_1 = معامل انكسار الوسط الثاني (الزجاج)

يتأثر الانعكاس والنفوذية للزجاج بالعوامل الآتية :

١- ذبذبة الشعاع الساقط .

٢- معامل الانكسار النسبي للوسطين.

٣- زاوية سقوط الاشعاع .

٤- طبيعة السطح .

اضافة إلى ذلك ان قابلية الزجاج على عكس الضوء يمكن تقليلها أو زيادتها بوساطة تغطية سطحه بأغشية رقيقة .

٢- الامتصاص Absorption

حين مرور الضوء خلال الزجاج فان شدته تقل تدريجياً . وأن اضمحلاله يكون على صورة دالة أسية حسب قانون Bouger أو معادلة بير لامبرت (Beer – lambert equation)

$$I = I_o e^{-ax}$$

حيث :

I = شدة الضوء النافذ .

I_o = شدة الضوء الساقط على نموذج ذو سمك (X) .

a = معامل الامتصاص (Absorption coefficient) ويساوي

$$a = ec$$

حيث :

C = تركيز جسيمات الامتصاص .

e = معامل الانطفاء (Extinction coefficient)

ويعتمد معامل الانطفاء على المركبات الداخلة في تكوين الزجاج وكيفية معاملته حرارياً في عملية التلدين [٢٠] .

ويعد معامل الانطفاء مهم في قياس مقدار الامتصاص لمراكز اللون فكلما كانت قدرة مراكز اللون عالية للقيام بامتصاص الشعاع فان معامل الانطفاء يكون ذا قيمة أكبر .

٣- الانكسار Refraction

ان الانكسار هو تغير في اتجاه أشعة الضوء عند مرورها بصورة مائلة بين وسطين يختلفان في كثافتهما الضوئية وسببه هو تغير سرعة الضوء في هذين الوسطين حيث تقل في الوسط الأكثر كثافة وان النسبة بين هاتين السرعتين تعطي صفة فيزياوية مهمة من الناحية البصرية للمواد التي تدعى معامل الانكسار (n) (Refractive index) [٢٠] .

أي أن :

$$n = \frac{V_o}{V}$$

حيث :

v_o = سرعة الضوء في الفراغ .

v = سرعة الضوء في المادة

ان معامل الانكسار يختلف باختلاف المواد ، كذلك يختلف مع اختلاف ذبذبة الموجة الساقطة وهذا ما يدعى بالتفريق أو التحليل الضوئي dispersion ويعد معامل الانكسار والتفريق الضوئي من العوامل المهمة في تصنيف الزجاج البصري .

٤- النفوذية Transmission

ان اهم ما يتصف به الزجاج هو الشفافية وقابلية امراره للضوء . ان النفاذية للضوء تمثل النسبة بين شدة الشعاع الضوئي النافذ إلى شدة الاشعاع الساقط وسبب الفقدان الحاصل في شدة الضوء يكون نتيجة الانعكاس والامتصاص الذي يحدث في الزجاج [٢٧] .

ان قابلية الزجاج على تغيير الضوء يمكن السيطرة عليها اما بزيادة قابلية الزجاج أو تقليلها على الامتصاص أو بتحوير السطح لتغير قابليته على الانعكاس وهذه العلمية مهمة في علم البصريات حيث يسيطر على توزيع الاضاءة وحفظ الطاقة الضوئية في المباني .

١٣

١٤

١٥

١٦

١٧

١٨

١٩

٢٠

٢١

٢٢

٢٣

٢٤

٢٥

٢٦

٢٧

٢٨

٢٩

٣٠

٣١

٣٢

٣٣

٣٤

٣٥

٣٦

٣٧

٣٨

٣٩

٤٠

٤١

٤٢

٤٣

٤٤

٤٥

٤٦

٤٧

٤٨

٤٩

٥٠

٥١

٥٢

٥٣

٥٤

٥٥

٥٦

٥٧

٥٨

٥٩

٦٠

٦١

الفصل الثانـي

[2– 1]الـجزء الـعمـلي

أولاً : الأجهزة المستخدمة في عمليات التصنيع

أ– فرن كهربائي تصل درجة حرارته إلى ١٢٠٠ درجة مئوية نوع

CARBOLITE
1100 ْC – 1300 ْC chamber furnaces

ب– طاحونة كهربائية ذات كرات بورسيلينية نوع

SACHSEN WERK DRESDEN
Type KD 71.1 / 4
Volt 220 / 380 volt
Amper 1.53 / 0.78
Germany DDR

ج– طقم مناخل قياسية مثبتة على هزاز ميكانيكي نوع

بأحجام حبيبية تتراوح بين (*4 , 7 , 30 , 50 , 56 , 65 , 100 , 200*) مايكرون

FRITSCH
araly sette
volt 220
Germany

د– خلاط كهربائي نوع

FRITSCH
Laborrate
volt 220
Germany

هـ– مكبس كهربائي نوع

HERZOG
Type 11 AG / 150
D 4500
Osnabruck

و– قوالب من الكرافيت أو البورسلين بأبعاد

[٥ × ١٠ × ٢٠] cm ، [٥ × ١٠ × ١٠] cm

[2– 2] الأجهزة المستخدمة في اجراء الفحوصات

١- الكثافة ، المسامية الظاهرية ونسبة امتصاص الماء .

- اجري قياس الكثافة ، المسامية الظاهرية % ونسبة امتصاص الماء % والوزن النوعي باستخدام جهاز التخلخل الضغط (***Vacuum***) لحساب الوزن الجاف والمشبع .
- اما لحساب الوزن المعلق داخل السائل فتم استخدام جهاز

CHIBA
Japan 2058

٢- قوة الانضغاط

لأجل حساب قوة الانضغاط للنماذج المصنعة تم استخدام جهاز

TONI PACT 3000
Japan

٣- التوصيلية الحرارية

لحساب التوصيلية الحرارية تم استخدام جهاز

Thermal Conductivity Meter
Kyoto Electronics
Japan

٤- الأشعة السينية *X-Ray*

تم اجراء فحص الاشعة السينية ***X-Ray*** باستخدام جهاز

Siemens X- Ray Diffractometer
Type 500-D
Cu Radiation
= 1.54050
Germany

٥- طيف الأشعة تحت الحمراء *I..R*

تم اجراء فحص الأشعة تحت الحمراء I..R على مادة الدولومايت باستخدام جهاز

Unicam Infrared Spectrometer sp 2000

٦- التحليل الحراري

تم اجراء التحليل الحراري التفاضلي للدولومايت باستخدام جهاز

DTA apparatus
Fisher Series
200 A

٧- معايير الكسر

تم حساب معايير الكسر باستخدام جهاز

TONI PACT 3000
Japan

[2-3] المواد الكيمياوية المستخدمة في البحث

جدول (٣)

يبين المواد الكيمياوية المستخدمة في البحث

ت	المادة	الرمز الكيمياوي	الجهة المصنعة	التراكيز
١ .	حامض الهيدروكلوريك	HCl	BDH	36 %
٢ .	حامض الكبريتيك	H_2SO_4	Fluka	98 %
٣ .	حامض النتريك	HNO_3	Fluka	66 %
٤ .	حامض الفسفوريك	H_3PO_4	Fluka	98 %
٥ .	كلوريد الأمونيوم	NH_4Cl	FISONS	99.5 %
٦ .	دليل المثيل البرتقالي		BDH	
٧ .	الأمونيا	NH_3	BDH	25 %
٨ .	ثايوسيانات البوتاسيوم	$KSCN$	BDH	99 %
٩ .	أوكزالات الأمونيوم	$C_2O_4(NH_4)_2.2H_2O$	BDH	99 %
١٠.	برمنكنات البوتاسيوم	$KMnO_4$	BDH	99.5 %
١١,	٨-هيدروكسي كوينولين	$N:CH.CH:CH.C_6H_3OH$	BDH	99.5 %
١٢.	الدولومايت	$Ca.Mg(CO_3)_2$		
١٣.	البنتونايت			
١٤.	فحم Chalcol			

[4-2] التحليل الكيميائي للمواد الأولية (الدولومايت والبنتونايت) [٦٦].

[1-4-2] **حساب نسبة الفقدان Loss on Ignition**

أ- توزن 0.5 غم من المادة المراد فحصها (دولومايت أو بنتونايت) بعد تجفيفها بدرجة حرارة ١٠٠ درجة مئوية لمدة ساعة واحدة في جفنة خزفية .

ب- يحرق النموذج باستخدام فرن كهربائي حتى الوصول إلى درجة حرارة ١١٠٠ درجة مئوية

ج- يبرد النموذج تدريجياً بواسطة مجفف ***Desicator*** حتى الوصول إلى درجة حرارة الغرفة .

د- يوزن النموذج بعد الحرق ويستخرج الفرق في الوزن قبل الحرق وبعده والذي يمثل نسبة الفقدان (L.O.I) .

[2-4-2] تعيين نسبة SiO_2

أ- بعد حساب نسبة الفقدان في الحرق في الفقرة (١) تفرغ محتويات الجفنة في بيكر ذي سعة ($250\ cm^3$) .

ب- تملأ كل جفنة ب ($10 cm^3$) من حامض الهيدروكلوريك HCl المخفف ٢٠٪ ويفرغ في البيكر .

ج- يضاف إلى البيكر (٣ قطرات) من حامض النتريك المركز HNO_3 ويسخن لدرجة الغليان .

د- يرشح المحلول بورق ترشيح 541 .

هـ - يحرق الورقة واحسب الفرق في الوزن .

و- تحسب قيمة SiO2 من العلاقة

$$SiO2 = \frac{\text{الفرق بالوزن} \times 100}{\text{الوزن الأصلي}}$$

[3-4-2] تعيين نسبة R_2O_3 (حيث R تمثل Fe ، Al)

أ- يسحب 100 ml من الراشح الناتج في الفقرة (٢-د) .

ب- يضاف إلى الراشح ٢٠ml من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl وقطرات من دليل المثيل الأحمر حتى يصبح لون المحلول أحمر .

ج- يضاف قطرات من الأمونيا NH_3 حتى يصبح لون المحلول أصفر .

د- يرشح المحلول بورق ترشيح 541 .

هـ - يحر ق ورقة الترشيح ويحسب الفرق في الوزن .

و- يحسب قيمة R_2O_3 من العلاقة :

$$R_2O_3 = \frac{\text{الفرق في الوزن} \times 100 \times 2.5}{\text{الوزن الأصلي}}$$

[4-4-2] حساب نسبة CaO

أ- يؤخذ الراشح الناتج من الفقرة (٣-د) .

ب- يضاف إلى الراشح $25cm^3$ من من محلول أوكزالات الأمونيوم ويضاف إليه ٣ قطرات من حامض الهيدروكلوريك HCl حتى يصبح لون المحلول أحمر .

ج- يضاف قطرات من الأمونيا NH_3 حتى يصبح لون المحلول أصفر .

د- يسخن المحلول لمدة ثلاث ساعات .

هـ - يرشح بورق ترشيح 542 .

ه- يسحح الراشح مع برمنكنات البوتاسيوم $KMnO_4$.

و- يتم حساب نسبة أوكسيد الكالسيوم من العلاقة

$$CaO = \frac{V * N * 100 * 2.5 * 0.02804}{0.5}$$

حيث : V = حجم البرمنكنات cm^3

N = عيارية البرمنكنات .

٠,٠٢٨٠٤ = ثابت

[5-4-2] حساب نسبة MgO

أ- يؤخذ الراشح الناتج من عملية الترشيح في الفقرة (٤-هـ) .

ب- يضاف إليه (١٥ مل) من 8-Hydroxy qunoline .

ج- يسخن حتى يدفأ .

د- يسحح مع الأمونيا NH_3 (١ : ١) حتى يتغير اللون ويضاف بعدها (١٠ مل) من الأمونيا .

ه- يتركه لمدة ثلث ساعة .

و- يرشح بورق 541 ويهمل الراشح .

ز- يحرق الورقة في جفنة بورسيلينية موزونة في درجة حرارة ١١٠٠ درجة مئوية لمدة ساعة واحدة .

ح- يبرد الجفنة ويحسب الفرق في الوزن .

ط- تحسب نسبة MgO من العلاقة :

$$MgO = \frac{\text{الفرق في الوزن} \times 2.5 \times 100}{0.5}$$

[2 -5] التحليل الكيميائي لحطام الزجاج

[2-5-1] حساب نسبة SiO_2

أ- يوزن 0.5 gm من الحطام ويضاف 2 gm صودا (Na_2CO_3) و 1 gm بوتاش (KCL).

ب- يمزج الخليط جيداً ويوضع على مصباح بنزن حتى ينصهر ويصبح محلول رائقاً .

ج- يبرد في ماء بارد وينقل إلى طبق بورسيليني .

د- يضاف إليه 10 ml من حامض الهيدروكلوريك HCl ويترك إلى اليوم الثاني في حمام مائي .

هـ يرشح بورق ترشيح 541 ويعاد الراشح النازل إلى الطبق البورسيليني مرة ثانية ويترك في الحمام المائي إلى اليوم الثاني .

و- يرشح بورق ترشيح 542 ويستقبل الراشح النازل في قنينة حجمية سعة 250 ml يكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر .

ز- تجمع الورقتان بواسطة جفنة بلاتينية موزونة وتحرق بدرجة حرارة ١١٠٠ درجة مئوية .

ح- تبرد الجفنة ويحسب الفرق في الوزن .

ط- تحسب نسبة SiO_2 من العلاقة

$$SiO2 = \frac{\text{الفرق بالوزن} \times 100}{\text{الوزن الأصلي}}$$

[2-5-2]حساب نسبة CaO و R_2O_3 و MgO

نتبع نفس الخطوات المتبعة في حساب CaO و R_2O_3 و MgO للدولومايت والبنتونايت .

[3-5-2]حساب نسبة Na_2O

أ- يوزن 0.25 gm من النموذج الأصلي .

ب- يضاف إليه (١٠ قطرات) من حامض الكبريتيك H_2SO_4 و ١٥ مل من حامض الهيدروفلوريك HF .

ج- يسخن على الحمام المائي إلى أن يبدأ بالجفاف .

د- يوضع على السخان حتى يتطاير الغاز .

ه- يرشح بورق ترشيح 541 ويستقبل الراشح النازل في قنينة حجمية سعة 250 مل .

و- يكمل الحجم إلى العلامة بوساطة الماء المقطر ويقرأ على جهاز الامتصاص الذري اللهبي .

[2 – 6]طريقة العمل لتصنيع المواد الرئيسية

[2 – 6– 1] تصنيع الطابوق الزجاجي [الزجاج الرغوي]

أ- يطحن حطام الزجاج (زجاج الألواح ، أواني ، قناني المشروبات الغازية ، قناني الحليب ... الخ) بواسطة طاحونة كهربائية ذان كرات بورسيلينية حتى الوصول إلى حجم حبيبي يتراوح بين (١١٠-٦٥ مايكرون) .

ب- يطحن الدولومايت بواسطة طاحونة كهربائية أيضاً حتى الوصول إلى الحجم الحبيبي لحطام الزجاج نفسه .

ج- يخلط حطام الزجاج المطحون مع الدولومايت المطحون وبالنسب المبينة في الجدول (١٢). باستخدام خلاط كهربائي Mixer بالطريقة الجافة .

د- يوضع الخليط في قوالب بالشكل والأبعاد المطلوبة (٥×١٠×٢٠سم) حيث يستخدم قالب من الكاشي السيراميكي المفخور (غير المزجج) بعد طلائه بطبقة من الكاؤولين) .

هـ- يسخن الخليط في فرن كهربائي تدريجياً حتى الوصول إلى درجة حرارة ٩٠٠-٨٥٠ درجة مئوية . يبقى الخليط على هذه الدرجة لمدة ساعة واحدة ثم يبرد تدريجياً إلى درجة حرارة الغرفة .

و- يؤخذ النموذج المصنع وتجري عليه الفحوصات المطلوبة كما مبين في الجداول (٤ ، ٧ ، ١٠) .

ز- أعيدت الخطوات (أ-و) على الخلطات المبينة في الجدول (١٢) .

جدول (١٢)

الخلطات التجريبية المستخدمة لتصنيع الزجاج الرغوي [الطابوق الزجاج]

رقم الخلطة	حطام الزجاج ٪	دولومايت ٪
1	99	1
2	98.5	1.5
3	98	2
4	97.5	2.5
5	97	3

1-1-6-2 *ملاحظات عامة عن الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي)*

١- ان تركيب المنتوج هو كتركيب الزجاج الاعتيادي وبالتالي فان له نفس ديمومة الزجاج .

٢- من الممكن استعماله في سقوف المنازل الريفية وحقول الدواجن ويمتاز بمقاومته للقوارض والحشرات التي تؤثر على هذه الحقول .

٣- تم استعمال مواد أخرى بديلة عن الدولومايت مثل الفحم ، النفط الأسود ، نشارة الخشب وحامض الستريك . لكن وجد أن الدولومايت أفضل مادة لتكوين الرغوة حيث عند استخدام الفحم (الكاربون) أصبح لون المادة الناتجة أسود بالاضافة إلى تلوث جو الفرن . وعند استخدام النفط الأسود ونشارة الخشب فانها تحترق داخل الفرن ويؤدي إلى تصاعد أبخرة سوداء داخل الفرن . أما عند استخدام حامض الستريك فلم نحصل على النتيجة المطلوبة حيث كانت المادة متصلبة والسبب يعزى إلى أن درجة تفكك حامض الستريك أقل بكثير من درجة ليونة الزجاج .

٤- تم العمل بدرجات حرارية مختلفة تراوحت بين(٧٠٠ ، ٧٥٠ ، ٨٠٠ ، ٨٥٠ ، ٩٠٠) درجة مئوية ووجد أنه أفضل درجة حرارية تم تصنيع المادة عندها تراوحت بين ٨٥٠-٩٠٠ درجة مئوية .

٥- تم استخدام نسب مختلفة من الدولومايت تراوحت بين (١% ، ١,٥ % ، ٢% ، ٢,٥% و ٣%) حيث وجد أنه أفضل نسبة هي ٢% حيث أعطت نتائج جيدة ذات تجانس مسامي وشكل هندسي جيدين .

٦- يمكن استخدام قوالب معدنية بأبعاد مختلفة مع ملاحظة أن الزجاج الناتج يلتصق في سطح القالب حيث لجئنا إلى استخدام طريقة طلاء القالب بطبقة خفيفة من الكاؤولين وهذه الطبقة تعمل فاصلاً بين المادة المصنعة وسطح القالب .

أ- يطحن حطام الزجاج (زجاج الألواح ، أواني ، قناني المشروبات الغازية ، قناني المشروبات الكحولية ... الخ) بواسطة طاحونة كهربائية ذات كرات بورسيلينية .

ب- يخلط حطام الزجاج المطحون مع خام البنتونايت وفقاً للنسب المبينة في الجدول (١٣) .

ج- يتم اضافة الماء إلى الخليط لتكون نسبة الرطوبة ٦% .

د- يوضع الخليط في قوالب خاصة بأبعاد ١٠ × ٦ × ٢ سم أو حسب الأبعاد المطلوبة ويكبس تحت ضغط ٥٠٠Kg/cm^2 .

هـ- تجفف النماذج في فرن كهربائي بدرجة حرارة ١٢٠ درجة مئوية لمدة ساعة واحدة .

و- تسخن النماذج في فرن كهربائي عند درجة حرارة (٧٥٠ – ٨٠٠ درجة مئوية) لمدة نصف ساعة تترك بعدها لتبرد تدريجياً إلى درجة حرارة الغرفة .

جدول (١٣)

الخلطات التجريبية لتصنيع الكاشي السيراميكي

رقم الخلطة	حطام الزجاج ٪	بنتونايت ٪
1	95	5
2	90	10
3	85	15
4	80	20

[3-6-2] تصنيع الزجاج العاكس للضوء

تم تصنيع الزجاج العاكس للضوء بالطريقة الآتية :

التصنيع بالاعتماد على حطام زجاج النوافذ والأواني كمادة أولية

[2-3-6-1] تهيئة المواد الأولية

تم الحصول على نماذج من حطام زجاج النوافذ والأواني وأجريت لها عملية تنظيف وغسل بالماء للتخلص من الأتربة والأجسام الغريبة الموجودة فيها ثم تجفيفها على درجة حرارة ١٢٠ درجة مئوية ، وتجرى لها عملية طحن باستعمال طاحونة كهربائية ذات كرات بورسيلينية .

ثم فصل الحبيبات المطحونة إلى حجوم مختلفة الأقطار (56 , 65 , 77 , 110 مايكرون) باستخدام طقم مناخل قياسية مثبتة على هزاز ميكانيكي .

[2-3-6-2] تصنيع النماذج

تم تصنيع مجموعة من النماذج باستعمال الجهاز المبين في الشكل (٢) .وبالطريقة الآتية

١- **يتم تغذية الجهاز بالحطام المطحون من الأعلى عن طريق تذرية المادة الأولية (الحطام المطحون) على شكل حبيبات بأقطار مختلفة .**

٢- **عند مرور المادة الأولية خلال المقطع (أ – ب) تصل إلى درجة الليونة (1000– 900) مْ بعدها تبدأ بالتكور إلى أن تأخذ الشكل النهائي المطلوب .**

٣- **تجرى الفحوصات المطلوبة على النماذج المصنعة وكما مبين في الجدول رقم(١٩) الموجود في الفصل الثالث النتائج .**

أعيدت خطوات العمل (2-3-6-1) و (2-3-6-2)باستعمال خلطة مواد أولية مكونة من حطام الزجاج بنسبة % 79 و % 21 أوكسيد الرصاص وتم إجراء الفحوصات المطلوبة والمبينة في الجدول رقم (٢٠) الموجود في الفصل الثالث النتائج .

ومقارنتها بالطريقة أعلاه .

[2 – 7] تعيين الكثافة ، المسامية الظاهرية ٪ والوزن النوعي

يتم حساب الكثافة ، المسامية الظاهرية % والوزن النوعي كما يأتي :

أ- تؤخذ ثلاثة مكعبات من المادة المحضرة حجم كل منها لا يقل عن ($50\ cm^3$) على أن لا تحوي على حافة حادة أو ثلمة قابلة للكسر أو للتساقط .

ب- تجفف المكعبات في فرن كهربائي بدرجة حرارة ١١٠ – ١٠٠ درجة مئوية ثم تبرد في مجفف (***Disecator***) .

ج- يسجل وزن كل مكعب وهو جاف حيث يمثل (Wa) .

د- تعاد القطع إلى المجفف ويفرغ من الهواء باستعمال جهاز تفريغ الهواء (***Vacuume***) حتى ينخفض الضغط إلى مقدار (٥ ملم زئبق) ($0.7\ KN/m^2$) ويتم ابقاء الضغط منخفضاً عند هذا المقدار لمدة نصف ساعة .

هـ- يسمح لسائل الغمر (الماء أو أي سائل آخر) بالدخول إلى وعاء التجفيف (مع ضمان بقاء الضغط منخفضاً عند قيمته خلال هذه العملية) حتى يغمر السائل سطوح القطع المفحوصة جميعها .

و- يسمح للهواء الخارجي بالدخول إلى الوعاء وتترك القطع المغمورة بالسائل معرضة إلى تأثير الضغط الجوي الاعتيادي لمدة ساعة واحدة .

ز- تستخرج القطع من وعاء التجفيف وتنقل بسرعة إلى وعاء آخر مع استمرار غمرها بنوعية السائل نفسه .

ح- يستخدم ميزان خاص لوزن كل قطعة وهي معلقة ومغمورة بأكملها بالسائل (Wb) .

ط- توزن كل قطعة بالميزان الأصلي لإيجاد وزنها وهي مشبعة بالسائل (Wc) فيكون :

Wa = الوزن الجاف للقطع (المكعبات) .

Wb = وزن القطع المغمورة المعلقة .

Wc = وزن القطعة المشبعة بالسائل .

ي- تحسب قيمة الكثافة ، المسامية الظاهرية % والوزن النوعي وكما يأتي :

١- الكثافة = كثافة السائل المغمور فيه القطع (الماء = ١) $\times \dfrac{Wa}{Wc - Wb}$

٢- المسامية الظاهرية % $= 100 \times \dfrac{Wc - Wa}{Wc - Wb}$

٣- الوزن النوعي $= \dfrac{Wa}{Wa - Wb} \times$ كثافة السائل

[8-2] تعيين نسبة امتصاص الماء

أ. يجفف كل مكعب بوساطة فرن كهربائي عند درجة حرارة ١١٠ درجة مئوية وتبرد ويؤخذ وزن كل مكعب وليكن (Wa) .

ب. توضع المكعبات جميعها داخل حمام مائي (بوضعية عمودية) من دون أن تمس أحدها الأخرى حتى يتم تسخينها مع الماء حيث يجب أن يكون مستوى الماء فوق سطح المكعبات لا يقل عن (5cm) وكذلك يجب أن يكون مستوى الناء تحت سطح المكعبات لا يقل عن (5cm) .

ج. يحافظ على نسبة الماء فوق سطح المكعبات ثابتة خلال مدة الفحص .

د. يسخن الماء حتى يصل إلى درجة الغليان ويستمر بالغليان لمدة ساعتين ثم يبرد وتترك المكعبات داخله لمدة لا تقل عن (٤ ساعات) .

هـ. ترفع المكعبات من الحمام المائي وتوزن كل منها وليكن الوزن (Wb) .

و. تحسب نسبة امتصاص الماء لكل مكعب ثم يحسب معدل الامتصاص لجميع المكعبات وتكون :

$$\text{نسبة امتصاص الماء } \% = \frac{Wb - Wa}{Wa} \times 100$$

Wa = وزن المكعب الجاف (غم) .

Wb = وزن المكعب المشبع بالماء (غم) .

[2 – 9] تعيين قوة الانضغاطية

أ. يؤخذ النموذج المراد فحصه بشكل مكعب حجمه ($50\ cm^3$) .

ب. يوضع المكعب داخل جهاز خاص لقياس قوة الانضغاطية TONI PACT 3000 وهو يحتوي على شاشة ألكترونية حساسة .

ج. يتم تشغيل الجهاز حيث يضغط الجهاز على النموذج (المكعب) بمجرد أن يلامس سطح الجهاز المكعب يبدأ مباشرة بالقراءة حتى يتحطم المكعب فيتوقف الجهاز أوتوماتيكياً .

د. تؤخذ القراءة النهائية من الشاشة وهي تمثل قوة التحمل أو الانضغاطية .

[2-10] تعيين التوصيلية الحرارية Thermal conductivity

أ. تؤخذ طابوقتان من المادة المصنعة بأبعاد (٥ × ١٠ × ٢٠) سم ويجب أن يكون سطحهما أملس بدون تعرجات .

ب. يربط على الطابوقتين سلكان من الجهاز المستخدم لقياس التوصيلية الحرارية .

ج. عند تشغيل جهاز قياس التوصيل الحراري يبدأ سطحا الطابوقتين يسخن .

د. يسجل الجهاز انتقال الحرارة بين سطحي الطابوقتين .

[2-11] فحص الأشعة السينية X-Ray

يتم فحص الأشعة السينية X-Ray على النموذج المصنع باستخدام أنبوب نحاس Cu كأنبوب للفحص وبطول موجي 1.54050 nm

[2-12] مقاومة الحوامض

أ. توزن قطع صغيرة من المادة المصنعة وتوضع في محاليل مخففة من الحوامض (HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4) بتراكيز 10 %، 20 %، 30% ، ومركز .

ب. تترك داخل الحامض لمدة ساعة واحدة .

ج. يستخرج النموذج ويمسح جيداً ويوزن ويلاحظ إذا كان هناك فرق في الوزن .

د. تعاد النماذج إلى الحوامض أعلاه وتترك لمدة (١ ، ٨ ، ١٦ ، ٢٤ ، ٣٠) يوم ويتم ملاحظة ما إذا كان هناك فرق في الوزن في كل وقت من هذه الأوقات .

[2-13] تعيين معايير الكسر

أ. يؤخذ نموذج من المادة المصنعة بأبعاد (٥ × ١٠ × ٢٠) سم ويثبت على جهاز خاص نوع TONI PACT 3000 يسلط الجهاز حمل بسرعة 0.2 + 1 نيوتن / م^{٢} لكل ثانية .

ب. يحتوي الجهاز على لوحين معدنيين متوازيين مثبتين عمودياً على الجهاز وتكون المسافة بين اللوحين 150 cm .

ج. يوضع النموذج فوق اللوحين ويشغل الجهاز حيث يبدأ الجهاز بالضغط على النموذج حتى ينكسر النموذج بالنصف وعندها يسجل الجهاز القراءة على الشاشة .

د. يتم حساب معايير الكسر من العلاقة التالية :

$$R = \frac{3}{2} \times \frac{PL}{BD^2}$$

حيث :

R = معايير الكسر .

P = الحمل المسبب للفشل (نيوتن) أي قراءة الجهاز .

L = مسافة فضاء التحميل (ملم) .

B = عرض النموذج (ملم) .

D = سمك النموذج (ملم) .

الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

RESULTS & DISCUSSION

الجداول [15 - 14] تبين نتائج التحليل الكيميائي لحطام زجاج الألواح والأواني على التوالي ونلاحظ بأن هناك تقارب كبير من ناحية النتائج عدا نسبة MgO و CaO , فنلاحظ زيادة نسبة Cao في حطام زجاج الأواني عن ما هو عليه في حطام زجاج الألواح وذلك حتى يعطي سرعة قطع للماكنة .

ونلاحظ زيادة نسبة MgO في حطام زجاج الألواح عن ما هو عليه في حطام زجاج الأواني وذلك لأنه زيادة نسبة MgO يقلل من معدل تبلور الزجاج وتعطي لزوجة عالية لمنصهر زجاج الألواح حتى يمكن سحبه بشكل شريط وتقطيعه الى ألواح .

جدول (14)

نتائج التحليل الكيميائي لحطام زجاج الألواح

الصيغة الكيميائية	ثاني أوكسيد السليكون SiO_2	أوكسيد الألمنيوم Al_2O_3	أوكسيد الحديديك Fe_2O_3	أوكسيد الكالسيوم CaO	أوكسيد المغنسيوم MgO	أوكسيد الصوديوم Na_2O	ثالث أوكسيد الكبريت SO_3
النسبة المئوية ٪	*72.20*	*1.6*	*0.13*	*6.06*	*4.5*	*15.20*	*0.25*

جدول (15)

نتائج التحليل الكيميائي لحطام زجاج الأواني

الصيغة الكيميائية	ثاني أوكسيد السليكون SiO_2	أوكسيد الألمنيوم Al_2O_3	أوكسيد الحديديك Fe_2O_3	أوكسيد الكالسيوم CaO	أوكسيد المغنسيوم MgO	أوكسيد الصوديوم Na_2O	ثالث أوكسيد الكبريت SO_3
النسبة المئوية ٪	*72.5*	*1.17*	*1.17*	*10.5*	*0.0*	*15.5*	*0.49*

الجـزء الأول

[3 - 1] الاستفادة من حطام الزجاج في تصنيع الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) ودراسة خصائصه

لتصنيع نماذج من الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) لجأنا إلى استخدام الدولومايت كمادة مضافة إلى حطام الزجاج المطحون بنسب متباينة والسبب في اختيار الدولومايت يعزى إلى :

١- الدولومايت يتفكك في درجة حرارة تقترب من درجة حرارة ليونة الزجاج حيث يتفكك وفقاً للمعادلة :

$$CaMg(CO_3)_2 \longrightarrow CaO.MgO + 2CO_2 \uparrow$$

حيث ان نسبة الفقدان بالوزن (L.O.I) عند تحلل الدولومايت هي 46.17 وكما مبين في الجدول رقم (١٦) وهي تمثل ثاني أوكسيد الكاربون المتحرر (CO_2) .

٢- توفره بكميات هائلة وبشكل طبيعي دون اللجوء إلى طرق تصنيعية كما هو الحال عند استخدام بعض المواد العضوية (النفثالين ، حامض الستريك) .

٣- لا يسبب تلوث في البيئة عند الاحتراق كما هو الحال عند استخدام الكاربون (الفحم) .

٤- رخص ثمنه ونقاوته العالية .

لأجل دراسة السلوك الحراري للدولومايت ضمن درجة حرارة الاستخدام لجأنا إلى تقنية التحاليل الحرارية والشكل (٣) يبين التحليل الحراري التفاضلي DTA للدولومايت ومنه يتضح ظهور حزمتين ماصتين للحرارة احداهما تعود إلى كاربونات الكالسيوم والأخرى تعود إلى كاربونات المغنسيوم .

لأجل التعرف على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية للزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) تم تصنيع مجموعة من النماذج باتباع طريقة العمل الواردة في الجزء العملي الصفحة (٣٠) . حيث تم قياس طيف الأشعة السينية (X-Ray) للزجاج الرغوي كما في الشكل (٤) ومنه يتضح أن المادة المصنعة هي عبارة عن مادة غير متبلورة وهذا يبرهن على أن المادة المصنفة لها نفس تركيب الزجاج الاعتيادي .

جدول (١٦) نتائج التحليل الكيميائي للدولومايت المطحون

الصيغة الكيميائية	ثاني أوكسيد السليكون SiO_2	أوكسيد الحديدوز Fe_2O_3	أوكسيد الألمنيوم Al_2O_3	أوكسيد الكالسيوم CaO	أوكسيد المغنسيوم MgO	نسبة الفقدان $L.O.I$
النسبة المئوية ٪	*1.3*	*0.3*	*1.35*	*30.09*	*20.61*	*46.17*

[3 -2] الخصائص الفيزيائية Physical properties

الجدول (٤)

الخصائص الفيزيائية للزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) المصنع *

ت	الخاصية	القيمة				
		زجاج رغوي يتكون من				
		٪ ٩٧حطام + ٣ ٪ دولومايت	٪٩٧,٥حطام + ٢,٥ ٪ دولومايت	٪ ٩٨ حطام + ٢ ٪ دولومايت	٪ ٩٨,٥ حطام + ١,٥ ٪ دولومايت	٪ ٩٩ حطام + ١ ٪ دولومايت
١	الكثافة (غم/سم٣)	*0.12*	*0.14*	*0.15*	*0.25*	*0.36*
٢	معامل التمدد الحراري (سم / مْ)	9×10^{-6}	8.5×10^{-6}	8.5×10^{-6}	8.3×10^{-6}	7.9×10^{-6}
٣	التوصيلية الحرارية (كيلوكالوري/مْ.ساعة.مول)	*0.038*	*0.041*	*0.045*	*0.05*	*0.057*
٤	نفاذية الصوت (ديسبل لكل ١٠سم سمك)	*33*	*28*	*28*	*26*	*25*
٥	درجة الاشتغال (درجة مئوية)	*-260-560*	*-260-560*	*-260-560*	*-260-560*	*-260-560*
٦	درجة الليونة (درجة مئوية)	*730*	*730*	*730*	*725*	*720*
٧	ثبات الأبعاد	ثابتة خلال الاستخدام	ثابتة	ثابتة	ثابتة	ثابتة
٨	الحرارة النوعية كيلوكالوري/كغم.مْ	*0.17*	*0.19*	*0.20*	*0.18*	*0.15*

* تم تصنيعه في درجة حرارة تراوحت بين 850-900 درجة مئوية .

من خلال الجدل رقم (٨) يتضح ما يأتي :

[3 –2 –1] الكثافة Density

كثافة النماذج المصنعة تراوحت بين (0.12 gm / cm ^{3}–0.36) . اعتماداً على نسبة الدولومايت المضافة إلى حطام الزجاج . وعند المقارنة بين كثافة الزجاج الرغوي المصنع وكثافة المواد العازلة الأخرى [٦٧] والمبينة في الجدول (٥) نجد أن الزجاج الرغوي يمتلك كثافة واطئة وهذا يسهل تداوله مما كان حجم القطعة اضافة إلى سهولة الطفو فوق سطح الماء .

عند مقارنة تجانس المنتوج للخلطات المبينة نلاحظ أن الخلطة (٩٨% حطام زجاج و ٢% دولومايت) تعطي أفضل تجانس لذلك يمكن اعتبار هذه الخلطة هي المثالية لانتاج هذا النوع من الزجاج .

جدول (٥)

المقارنة بين كثافة الزجاج الرغوي المصنع وكثافة المواد العازلة الأخرى

ت	المادة	الكثافة (غم / سم^3)
١	البولي ستايرن	*0.8 – 2.0*
٢	البولي يورثين	*2.0*
٣	الفايبركلاص	*0.4 – 1.0*
٤	الفلين	*0.64*
٥	الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي)	*0.12 – 0.36*

[3 – 2 – 2] معامل التمدد الحراري Coefficient of thermal expansion

معامل التمدد الحراري للنماذج المصنعة جيد ولكن أفضل قيمة هي للخلطة المكونة من ٩٨% حطام زجاج و ٢% دولومايت وذلك بسبب التجانس التام للناتج حيث تتوزع الحرارة بشكل منتظم على المادة المصنعة ويكون التمدد الحراري لها منتظماً .

[3 – 2 –3] التوصيلية الحرارية Thermal Conductivity

التوصيلية الحرارية للنماذج المصنعة واطئة جداً وقيمتها المثالية تقترب من 0.045 كيلوكالوري/مول.ساعة.مْ والتي تتمثل بقيمة التوصيل الحراري للخلطة المكونة من ٩٨% حطام زجاج و ٢% دولومايت بالرغم من أن هناك قيم توصيلية حرارية اقل في الخلطات المتكونة من ٩٧% حطام زجاج و ٣% دولومايت و ٩٧,٥ % حطام زجاج و ٢,٥ % دولومايت وهذه القيم الواطئة للتوصيلية الحرارية للخلطتين أعلاه ناتجة من عدم التجانس المسامي للمادة المصنعة وكذلك ناتجة من المسامات الكبيرة المتكونة في المادة المصنعة بسبب نسب الدولومايت العالية .

حيث أن قابلية المادة على منع انتقال الحرارة تعتمد على قيمة التوصيل الحراري وقيمة المقاومة الحرارية . فالعازل الحراري ذو القيمة الواطئة التوصيل الحراري يكون ذا مقاومة حرارية عالية وعلى هذا الأساس يتم تصنيف العازل الحراري .

والمقاومة الحرارية ***Thermal Resistance*** [٥٧]. هي معكوس التوصيلية الحرارية وتعرف بالممانعة التي يبديها التركيب الإنشائي لانتقال الحرارة خلاله أثناء وحدة الزمن خلال وحدة المساحة عند وجود فرق درجة حرارية واحدة بين السطحين الداخلي والخارجي والجدول (٦) يبين المقارنة من حيث التوصيلية الحرارية بين الزجاج الرغوي المصنع ومختلف المواد العازلة الأخرى [٦٧].

جدول (٦)

أوجه المقارنة بين الزجاج الرغوي المصنع والمواد العازلة الأخرى من حيث التوصيلية الحرارية

ت	المادة	التوصيلية الحرارية كيلوكالوري/م.مول.ساعة
١–	البولي ستايرين	*0.20*
٢–	البولي يورثين	*0.16 - 0.17*
٣–	الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي)	*0.038 – 0.057*

[3 – 2– 4] نـفـاذيـة الصوت

ان المادة المصنعة عازلة للصوت وفي جميع الخلطات اذ أثبتت البحوث خاصيته على عزل الصوت فهو يخمد الذبذبات الصوتية ولمختلف الاهتزازات حيث أن بعض المواد يمكن استعمالها كعازل صوتي وكفاءتها تعتمد على التركيب الفيزيائي للمادة المكونة لها فالمواد ذات السطح المفتوح المسام يمكن استخدامها كعازل صوتي . أما المواد التي تكون ذات ليونة عالية وكثافة عالية يمكن استخدامها كعازل للاهتزازات .

ويجب عند استعمال العازل الحراري كعازل صوتي وضعه على السطح الداخلي لجدران وأسطح الأبنية في حين يفضل وضع العازل الحراري على السطح الخارجي وذلك للحصول عل تباطؤ حراري جيد .

[3– 2– 5] درجة الاشتغال

درجة الاشتغال هي الدرجة الحرارية التي عندها تكون المادة صالحة للعمل وهنا تكون درجة الاشتغال ثابتة ولجميع الخلطات وذلك بسبب كون المنتوج النهائي له الخواص نفسها ولجميع الخلطات حيث يتحلل الدولومايت ويتحرر غاز ثاني أوكسيد الكاربون (CO_2) ويبقى المنتوج النهائي بشكل الزجاج .

[3 –3] الخصائص الكيميائية Chemical properties

الجدول (٧)

بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية للزجاج الرغوي المصنع

ت	الخاصية	القيمة				
		زجاج رغوي يتكون من				
		٩٧٪حطام + ٣٪ دولومايت	٩٧,٥٪حطام + ٢,٥٪ دولومايت	٩٨٪ حطام + ٢٪ دولومايت	٩٨,٥٪ حطام + ١,٥٪ دولومايت	٩٩٪ حطام + ١٪ دولومايت
١	امتصاص الماء ٪	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
٢	القابلية على الاحتراق	لا يحترق	لا يحترق	لا يحترق	لا يحترق	لا يحترق
٣	المقاومة للحوامض*	لا يتأثر بالحوامض عدا حامض الهيدروفلوريك HF	لا يتأثر بالحوامض عدا حامض HF	لا يتأثر بالحوامض عدا حامض HF	لا يتأثر بالحوامض عدا حامض HF	لا يتأثر بالحوامض عدا حامض HF

* موضحة في الجدول رقم [٩]

من الجدول (٧) يتضح أن جميع النماذج المصنعة ولنختلف الخلطات لا تمتص الماء ولاتتأثر به على اعتبار أن الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) المصنع له نفس تركيب الزجاج الاعتيادي والزجاج لا يمتص الماء .

وعند اجراء مقارنة من حيث قابلية امتصاص الماء بين الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) المصنع وبين الفلين cork ، البولي ستايرين Poly styrene ، البولي يورثين Poly urethane والفايبر كلاص glass fiber [٦٧] نجد بأنه الزجاج الرغوي لا يمتص الماء بتاتاً مقارنة بالمواد الأخرى وكما مبين في الجدول (٨) .

جدول (٨)

مقارنة بين الزجاج الرغوي المصنع و المواد العازلة الأخرى نسبة لأمتصاص الماء

ت	المادة	نسبة امتصاص الماء ٪
١-	الفلين	٠ - ١٢ ٪
٢-	البولي ستايرين	٣ - ٢٪
٣-	البولي يورثين	٤-٥٪
٤-	الفايبر كلاص	٤٠ -٥٠ ٪
٥-	الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي)	٠

جميع النماذج المصنعة ولجميع الخلطات ليس لها القابلية على الاحتراق أو الاشتعال وذلك لأنه الزجاج لا يحترق والمادة المصنعة لها تركيب الزجاج الاعتيادي نفسه .

الجدول (٩) يبين مقدار الفقدان بالوزن عند الغمر بمحاليل كيميائية مختلفة لخلطة مكونة من % ٩٨ حطام زجاج و % ٢ دولومايت .

جدول (٩)

مقدار الفقدان بالوزن عند الغمر بمحاليل كيميائية مختلفة لخلطة مكونة من ٪ ٩٨ حطام زجاج و ٢٪ دولومايت

ت	المحاليل الكيميائية	التركيز ٪	مقدار الفقدان بالوزن (غم)				
			١يوم	٨يوم	١٦يوم	٢٤يوم	٣٠يوم
١	حامض الهيدروكلوريك	31	0	0	0	0	0
٢	حامض الفوسفوريك	67	0	0	0	0	0
٣	حامض النتريك	68	0	0	0	0	0
٤	حامض الكبريتيك	98	0	0	0	0	0
٥	الماء	-	0	0	0	0	0
٦	هيدروكسيد الصوديوم	5	0	0	0	0	0
٧	هيدروكسيد الصوديوم	10	0.007	0.0075	0.009	0.01	0.01
٨	هيدروكسيد البوتاسيوم	10	0	0	0	0	0

الجدول (١٠)

الخصائص الميكانيكية للزجاج الرغوي المصنع

ت	الخاصية	القيمة				
		زجاج رغوي يتكون من				
		٩٧٪حطام + ٣٪ دولومايت	٩٧,٥٪حطام + ٢,٥٪ دولومايت	٩٨٪ حطام + ٢٪ دولومايت	٩٨,٥٪ حطام + ١,٥٪ دولومايت	٩٩٪ حطام + ١٪ دولومايت
١	قوة الانضغاط (kg/cm2)	*3*	*4.8*	*5*	*5.5*	*6*
٢	الخاصية الشعرية	٠	*0*	*0*	*0*	*0*
٣	معايير الكسر (N/mm2)	*0.3*	*0.32*	*0.34*	*0.37*	*0.42*

من خلال الجدول (١٠) يتضح ما يأتي :

[3– 4 -1] قـوة الانـضـغاط Compressive strength

تقل قوة الانضغاط أو التحمل للمادة المصنعة عند زيادة نسبة الدولومايت بالخلطة حيث نلاحظ أنه في الخلطة رقم (٥) والمتكونة من ٩٩ % حطام زجاج و ١ % دولومايت تكون قوة الانضغاط عالية وذلك بسبب نسبة الدولومايت الواطئة في الخلطة في حين الخلطة رقم (١) المتكونة من ٩٧ % حطام زجاج و ٣ % دولومايت تكون قوة الانضغاط واطئة بسبب نسبة الدولومايت العالية في الخلطة التي تجعل المادة المصنعة أكثر هشاشية وذات مسامات كبيرة نسبياً . وأفضل قوة انضغاط متلائمة مع التجانس المسامي للمادة المصنعة يكون في الخلطة رقم (

٣) . المتكونة من % ٩٨ حطام زجاج و % ٢ دولومايت والجدول (١١) يبين مقارنة بين الزجاج الرغوي المصنع وبعض المواد العازلة الأخرى [٦٧] من حيث قوة الانضغاطية

جدول (١١)

مقارنة قوة الانضغاطية بين الزجاج الرغوي المصنع والمواد العازلة المختلفة

ت	المادة	قوة الانضغاطية kg/cm^2
١-	البولي ستايرين	*2.5*
٢-	البولي يورثين	*2*
٣-	الفايبر كلاص	*2*
٤-	الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي)	*5*

ومن الجدول (١١) يتضح أنه الزجاج الرغوي (الطابوق الزجاجي) يمتلك أكبر قوة للانضغاط وهذه صفة جيدة بالنسبة للمواد العازلة .

[3 – 4 -2] الخاصية الشعرية

ان المادة المصنعة ذات خاصية شعرية = صفر ولجميع النماذج المصنعة من جميع الخلطات وذلك لأنه المادة المصنعة لا تسمح للماء بالنفاذ من خلالها لأنه لا توجد مسامات متصلة بين دقائق العجينة تسمح للماء بالنفاذ وهنا ليس المقصود بالمسامات التي تتكون نتيجة عملية التصنيع وان المادة المصنعة مطابقة تماماً للخاصية الشعرية للمواد المستوردة مثل الفلين cork ، البولي ستايرين Poly styrene ، البولي يورثين Poly urethane والفايبر كلاص glass fiber . حيث أن الخاصية الشعرية لهذه المواد = صفر أيضاً مما يوضح مطابقة هذه المادة لمواصفات المواد العازلة المستوردة .

[3– 4– 3] معأييير الكسر

هي القوة التي تسلط على النموذج المصنع حتى ينقسم إلى نصفين (ينكسر) وقيمة معايير الكسر تعتمد على نسبة الدولومايت في الخليط إذ كلما تزداد نسبة الدولومايت تقل معايير الكسر وذلك لأنه كلما تزداد نسبة الدولومايت في المادة المصنعة تصبح المادة أكثر هشاشية وبهذا تصبح المادة أكثر عرضة للكسر من غيرها . اذ نلاحظ أن الخلطة المتكونة من % ٩٩ حطام زجاج و % ١ دولومايت تكون لها أكبر قيمة لمعايير الكسر وذلك بسبب نسبة الدولومايت القليلة ولكن الخلطة المتكونة من % ٩٨ حطام زجاج و % ٢ دولومايت لها أفضل قيمة لمعايير الكسر وذلك بسبب الشكل الهندسي والمسامي المتجانسين للمادة الناتجة من هذه الخلطة في حين لم تعطِ الخلطة المتكونة من % ٩٧ حطام زجاج و % ٣ دولومايت تجانس مسامي بالإضافة إلى كبر حجم النموذج المصنع من هذه الخلطة مقارنة بالخلطات الأخرى .

الجزء الثاني

[3 -5] الأستفادة من حطام الزجاج في تصنيع كاشي سيراميكي مقاوم للمواد الكيمياوية

ان اهتمامنا في تصنيع هذه المادة يأتي من كونها مادة مستوردة من خارج القطر بأسعار باهضة لتسد الحاجة المحلية للصناعة في حين الطريقة المقترحة من قبلنا تعتمد على مواد أولية متوفرة بكميات كبيرة في القطر إضافة إلى أن أسعارها منخفضة وتكاليف تصنيعها واطئة ولا تحتاج إلى تقنيات متطورة في عملية التصنيع .

وعند الرغبة في الحصول على قطع سيراميكية بألوان مختلفة يمكن ذلك باضافة بعض الأكاسيد مثل MnO_2 و Fe_2O_3 بنسب اضافة لا تزيد عن 0.01% من وزن الخلطة .

لغرض التعرف على خصائص القطع السيراميكية المصنعة بنسب اضافة مختلفة من البنتونايت لجئنا إلى دراسة خصائصها الكيميائية والميكانيكية .

[3 -6] الخصائص الكيميائية **Chemical properties**

تم اجراء فحص تأثير المواد الكيميائية على القطع المصنعة عن طريق حساب مقدار الفقدان بالوزن بالاعتماد على المواصفة القياسية العراقية رقم 1627 لسنة 1991 للقطع السيراميكية غير المزججة المقاومة للحوامض .

والجدول (١٧) يبين مقدار الفقدان بالوزن عند الغمر بمحاليل كيميائية مختلفة لقطع سيراميكية تم تصنيعها من ٩٠ % حطام زجاج و ١٠ % بنتونايت .

جدول (١٧)

مقدار الفقدان بالوزن للقطع السيراميكية المصنعة من % ٩٠حطام و %١٠ بنتونايت عند غمرها بمحاليل كيميائية مختلفة

ت	المحاليل الكيميائية	التركيز ٪	مقدار الفقدان بالوزن (غم)				
			١يوم	٧يوم	١٤يوم	٢١يوم	٢٨يوم
١	حامض الكبريتيك	98	0	0	0	0	0
٢	حامض الهيدروكلوريك	31	0	0	0	0	0
٣	حامض الفسفوريك	67.2	0	0	0	0	0
٤	حامض النتريك	68	0	0	0	0	0
٥	حامض الخليك	30	0	0	0	0	0
٦	الماء	–	0	0	0	0	0
٧	هيدروكسيد الصوديوم	5	0	0	0	0	0
٨	هيدروكسيد الصوديوم	10	0.005	0.008	0.009	0.01	0.01
٩	هيدروكسيد البوتاسيوم	10	0	0	0	0	0
١٠	خلات الصوديوم	20	0	0	0	0	0
١١	ايثانول	95	0	0	0	0	0
١٢	ثنائي مثيل سلفوكساید	30	0	0	0	0	0
١٣	اسيتونايترال	50	0	0	0	0	0
١٤	كلوروفورم	50	0	0	0	0	0

من الجدول (١٧) يتضح أن القطع السيراميكية تمتلك مقاومة عالية للمواد الكيمياوية حيث لم يظهر أي فقدان للوزن عند غمرها لمدد زمنية تتراوح بين يوم واحد إلى ثمانية وعشرين يوماً

[3-7] الخصائص الميكانيكية Mechanical properties

تم اعتماد فحوصات الخصائص الميكانيكية اعتماداً على المواصفة القياسية العراقية رقم 1043 لسنة 1984 والخاصة بالكاشي الاعتيادي .

والجدول (١٨) يبين الخصائص الميكانيكية لبعض القطع السيراميكية المصنعة

جدول (١٨)

الخصائص الميكانيكية لبعض القطع السيراميكية المصنعة

رقم الخلطة	حطام زجاج ٪	بنتونايت ٪	مقاومة الانضغاط kg/cm^2	قوة التحمل kN
4	***95***	***5***	***2700.0***	***288***
3	***90***	***10***	***2727.9***	***287.5***
2	***85***	***15***	***2661.2***	***286***
1	***80***	***20***	***2550.0***	***288***

من الجدول (١٨) يتضح أن مقاومة الانضغاط تعتمد بشكل رئيس على مكونات الخلطة ونسبها وهذا يتفق مع ما هو موجود في الأدبيات [٦٨] .

في حين لم تظهر قوة التحمل أي تغيير في قيمتها وربما يعزى ذلك إلى كون نسب اضافة البنتونايت متقاربة .

الجزء الثالث

[3– 8] تصنيع الزجاج العاكس للضوء

لأجل دراسة الخصائص الفيزيائية للنماذج المصنعة بالاعتماد على حطام الزجاج تم تصنيع مجموعة من النماذج وبالطرق التالية :

١- الطريقة الاولى : **بالاعتماد على حطام الزجاج فقط .**

باتباع طريقة العمل المبينة في الجزء العملي الصفحة [٣٣] تم تصنيع مجموعة من النماذج بالاعتماد على خاصية التكور لحطام الزجاج بدون اية اضافة .

والجدول (١٩) يبين الخصائص الفيزيائية للزجاج العاكس للضوء الناتج من حطام الزجاج فقط .

جدول (١٩)

الخصائص الفيزيائية للزجاج العاكس للضوء الناتج من حطام الزجاج فقط

معامل الانكسار *Reflective index*	الكثافة *Density* gm/cm^3	معامل التمدد الحراري *coefficient of Expant* $0\text{-}100\ ^{\circ}C$	درجة الليونة *Annealing Temp.* $^{\circ}C$
1.513	*2.51*	86×10^{-7}	*556*

٢- الطريقة الثانية : **بالاعتماد على أوكسيد الرصاص وحطام الزجاج**

لغرض تحسين الخصائص الفيزيائية للزجاج العاكس للضوء تم اضافة أوكسيد الرصاص بنسبة ٢١% أوكسيد رصاص و ٧٩% حطام زجاج .

والجدول (٢٠) يبين بعض الخصائص الفيزيائية للزجاج العاكس للضوء الناتج من إضافة ٢١% اوكسيد الرصاص .

جدول (٢٠)

الخصائص الفيزيائية للزجاج العاكس للضوء الناتج من اضافة 21٪ أوكسيد الرصاص

معامل الانكسار	الكثافة	معامل التمدد الحراري	درجة الليونة

Annealing Temp. °C	*coefficient of Expant 0-100 °C*	*Density gm/cm^3*	*Reflective index*
435	*91×10^{-7}*	*2.86*	*1.639*

من الجدول (٢٠) وعند مقارنته مع الجدول (١٩) يتضح ما يلي :

١- عند اضافة أوكسيد الرصاص بنسبة ٢١% إلى خلطة المواد الأولية نلاحظ أن درجة الليونة انخفضت من 556 إلى 435 درجة مئوية وهذا مهم جداً وذلك لأنه كمية لا بأس بها من المواد الأولية تخرج من أسفل الفرن دون أن يظهر عليها أي تأثير والسبب يعزى إلى كون درجة الحرارة غير كافية . حيث تم استخدام اوكسيد الرصاص بدلاً من حجر الكلس وذلك لأن أوكسيد الرصاص يعتبر مادة مخففة لدرجة الانصهار Fluxing agent اضافة إلى تأثيره على اللزوجة .

٢- زيادة معامل التمدد الحراري من 86×10^{-7} °C إلى 91×10^{-7} °C وهذا مفيد جداً بالنسبة لقابلية المادة على تحمل درجات الحرارة العالية وخصوصاً في فصل الصيف .

٣- ان كثافة الزجاج العاكس الناتجة من الخلطة المتكونة من ٢١% أوكسيد الرصاص و ٧٩% حطام زجاج تكون أكبر من كثافة الزجاج في الخلطة الأخرى وهذا يساعد على تثبيت المادة المصنعة على الشارع وعدم الطفو فوق الماء وخصوصاً في الشتاء عند حصول الأمطار الغزيرة .

٤- معامل الانكسار في الخلطة المتكونة من ٢١% أوكسيد الرصاص و ٧٩% حطام زجاج يكون أعلى وهذا يدل على قابلية المادة على عكس الأشعة الساقطة عليه من المركبات وبالتالي تكون فعاليته أعلى .

٥- من خلال التجارب المختبرية وجد أن كمية من الزجاج تلتصق على مصدر اللهب وتؤدي إلى انسداد فتحات خروج الغاز ، اضافة إلى التصاق الحبيبات مع بعضها مما يؤدي إلى ظهور كتل كبيرة احياناً تعيق عملية التصنيع لذلك اتجه التفكير إلى سحب الهواء من أسفل الفرن [ج] لأجل تحسين عملية التكور للزجاج الناتج .

الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم التوصل إليها والمبينة بالجداول [٨ ، ١١ ، ١٤، ١٨ ، ١٩، ٢٠، ٢١ ، ٢٢] يمكن التوصل الى الأستنتاجات التالية :-

١- يمكن تصنيع طابوق زجاجي [الزجاج الرغوي] خفيف الوزن عازل للحرارة ومقاوم للمواد الكيميائية [الحوامض ، الماء والقواعد] ويتحمل درجات حرارية منخفضة وعالية وذلك من صهر خلطة مكونة من ٩٨ % حطام زجاج مطحون و ٢% دولومايت وذلك من خلال التطبيقات العملية للطابوق الزجاجي [الزجاج الرغوي] نستطيع القول بأنه يستخدم في المجالات التالية :-

أ- في المخازن المبرده كعازل حراري .

ب- عازل حراري في الأبنية والسقوف الثانوية.

ج- في تغليف الأنابيب تحت الأرض والتي تتطلب عزل حراري .

د- في تبطين الأفران الصناعية .

٢- يمكن تصنيع كاشي سيراميكي مقاوم للمواد الكيميائية [الحوامض ، الماء والقواعد] وذو خصائص فيزيائية وميكانيكية جيدة من خلطة مكونه من ٩٠% حطام زجاج مطحون و ١٠% بنتونايت ، ويمكن استخدام الكاشي المصنع في

أ- تغليف الجدران والأرضيات والسقوف للوحدات الأنتاجية في الشركات التي تقوم بتصنيع المواد الكيميائية .

ب- تغليف مناضد العمل في مختبرات البحث العلمي والمختبرات العلمية في الجامعات ومراكز البحث العلمي .

٣- يمكن الأستفادة من خاصية التكوّر لحطام الزجاج عند درجة ليونة الزجاج والبالغة ٩٠٠ – ١٠٠٠مْ في تصنيع زجاج عاكس للضوء والذي من المتوقع ان يكون له أستخدامات متعددة تتمل بـ [يستخدم لأغراض الإشارات المرورية التحذيرية عن الأخطار الناجمةعن اعمال الطرق والأنحناءات الحادة وغيرها] .

الأبحاث المستقبلية

نوصي بأجراء المزيد من الأبحاث والدراسات التي تتعلق بالاستفادة من مخلفات العمليات الصناعية والإنتاجية والتي تظهر كنواتج عرضية أو نتيجة لانتفاء الحاجة إليها كما هو الحال في صناعة الزجاج ، الأسمدة ، الحراريات ، الورق وغيرها وذلك من أجل تقليل الكلفة التصنيعية والحد من التلوث البيئي .

١- دراسة أفضل الظروف والنسب لأضافة حطام الزجاج الى خلطة المواد الأولية الداخلة في صناعة الزجاج .
٢- دراسة إمكانية اضافته الى الأسفلت لتحسين كفاءة الطرق .
٣- دراسة إمكانية أضافته الى أكاسيد ومواد أخرى لاستخدامه في طلاء المعادن المختلفة للحد من التآكل الكيميائي والتي بحاجة أغلب الصناعات الكيميائية إليه في القطر .

Uses Of Glass Cullet In Manufacture Of [Foam Glass (Block Glass) , Ceramic Which resistance Chemical Materials And Reflectance Glass] And Study their Properties

By
SATTAR SALIM ABRAHEAM AL- JANABI

المصادر