أولاً : عوامل التلف الداخلية : -

Interior Deterioration Factors

من المعروف أن مقاومة الزجاج الكيميائية وخواصه الطبيعية ترتبط بمكونات الخلطة بشكل أساسى ، ومن ناحية أخرى فإن الخواص الكيميائية والطبيعية للزجاج هى المحدد الرئيس لمدى تحمله لعوامل التلف المختلفة ولكن توجد بعض الأخطاء الغير متعمدة من الصانع تتسبب فى ظهور بعض مظاهر التلف للأثر الزجاجي .

أ- العناصر المكونة لخلطة الزجاج وتأثيرها على البناء السليكونى : -

ـــ جودة وطبيعة المركبات :

إن المواد الخام التى تستخدم فى صناعة الزجاج لها تأثير كبير على مقاومة الظروف البيئية المحيطة وتأثره بها . كما تؤثر فى خواص الزجاج الفزيوكيميائية ، ومن الأمور التى يجب على الصانع مراعاتها عند اختيار وصهر خامات الزجاج الأولية :

- يجب أن تكون الخامات على درجة كبيرة من النقاء بحيث تكون خالية من الشوائب التى تؤثر على لون الزجاج وخاصة أكسيد الحديد Fe_2o_3 " ماعدا الزجاج الملون" .
- الصحن الجيد لكل خامة على حدى حتى تكون على شكل حبيبات صغيرة ، مما يسمح بالإندماج لكل الأكاسيد ومزجها مزجاً جيداً مع بعضها البعض .
- صهر الأكاسيد المكونة للخلطة الزجاجية صهر تام وإبقائها عند درجة حرارة الصهر وقت كافى للتخلص من الغازات .
- الحرص على إزالة الخبث من سطح المصهور الزجاجى .

ـــ تأثير مكونات الخلطة على التركيب البنائى للزجاج (Structure of Glass) :-

الزجاج مادة غير متبلورة (ذات تركيب شبكى عشوائى) يتكون أساساً من السليكا ، وأكاسيد معدنية أخرى ، ويعتبر أكسيد السليكون SiO_2 هو الأكسيد الأساسى المكون لهذا التركيب Network former ، أما الأكاسيد المعدنية الأخرى فهى أكاسيد مطورة أو مبدلة للتركيب الشبكى Network modifiers ويكون لها القدرة على تحسين خواص الزجاج مثل خفض درجة الأنصهار واللزوجة ، ولهذه الأكاسيد روابط أقل قوة نسبياً من الروابط القوية التى يحتوى عليها أكسيد السليكون Si-O مما يضعف من الهيكل السليكونى ، ويصبح البناء الزجاجى إلى حداً ما مضطرباً على حسب طبيعة الأكاسيد المضافة ، فإن إدخال القلويات (أكاسيد الصوديوم Na_2O

والبوتاسيوم K_2O) يخفض من المقاومة الميكانيكية للزجاج حيث يزيد من قابلية ذوبانه فى تواجد الماء (الأمطار أو الرطوبة العالية) ويعالج ذلك بإضافة عناصر قلوية طينية مثل أكسيد الكالسيوم CaO لتقيم روابط جديدة أقوى من التى تقيمها الأكاسيد القلوية فى البناء الزجاجى .

ب- نسب يجب أتباعها فى خلطة الزجاج :

حتى يكون للزجاج فترة بقاء طويلة يستطيع فيها مقاومة عوامل التلف ، فقد أثبتت الأبحاث أن النسب الكمية للعناصر الأساسية المكونة له يجب أن تتبع بعض القواعد ، حيث يمكن أن نقول أن التركيب المثالى للزجاج يشتمل على :

- 73% : 74% سليكا .
- 16% : 22% قلويات .
- 7% : 13% قلويات طينية .

1- نسبة العناصر المكونة : .

السليكا تمنح الزجاج حالته الزجاجية المميزة له بشكل واضح وتكون بنسبة لا تقل عن 70% من وزن الخلطة ، فهى تكسب المنتجات الزجاجية خاصية بقاؤها بدون صعوبة محفوظة بعد الانصهار فى حالة ميوعة ، وهذا يعنى كونها فى حالة غير متبلورة " لا بلورية " بغض النظر عن درجة الحرارة ، حتى تصير صلبة على حالتها تلك ، كما أن لها إمكانية تواصل مقدرتها على التزجج إلى مواد بلورية أخرى وتمدنا بزجاج حمضى صلب ذو مقاومة عالية .

2- نسبة العناصر القلوية : .

المواد القلوية (الصوديوم Na_2O والبوتاسيوم K_2O) هى التى تقلل من درجة أنصهار السليكا ولكنها لسوء الحظ تقلل من المقاومة الكيميائية للزجاج بتيسير قابليته للذوبان في الماء ، ولذا يجب ألا تذيد نسبتها عن 22% من وزن الخلطة .

3- نسبة العناصر القلوية الطينية: .

المواد القلوية الطينية (أكسيد الكالسيوم CaO) والتى تمثل عامل التثبيت فى الخلطة الزجاجية ، يجب ألا تزيد نسبتها عن 13% من وزن الخلطة ولا تقل عن 7% . فالزجاج يصبح مسامياً ، وغير مستقر عند نقص نسبة أكسيد الكالسيوم . وإذا زدادت هذه النسبة عن 13% فإنها تعمل على عدم حدوث تزجج للزجاج .

جـ – تصنيع الزجاج وحالة سطحه : –

يعتمد تطور التغيير الحادث للزجاج ليس فقط على تركيبه والبيئة المحيطة به ، ولكن أيضاً على نمط ومدة المعالجات التى تعرض لها أثناء عملية لتصنيع .

1– المعالجة الحرارية :

- **عمليات التخمير**

يجب وصول الخام المصهور إلى درجة الحرارة اللازمة لصهر خامات الزجاج ثم يتم إبقائها عند درجة الأنصهار بعد تحولها إلى مصهور زجاجى لفترة مناسبة ، للتخلص من الغازات والأبخرة . عدم إتمام تلك العملية بشكل صحيح يؤدى إلى أصابة الزجاج المنتج بظاهرة الفقاعات الهوائية .

- **التبريد**

عملية تبريد المنتجات الزجاجية من أهم العمليات التى يجب أن تتم ببطىء شديد ، فكلما كانت هذه العملية طويلة وتدريجية ، كلما تحسنت المقاومة الميكانيكية للزجاج . فالتبريد السريع المفاجئ للزجاج يمكن أن يتسبب فى تهشمه ، أو يعرضه لإجهادات متنوعة والتى تؤدى مع مرور الوقت إلى حدوث الشروخ الدقيقة على السطح وجدير بالذكر أن الصانع القديم تنبه لهذه المشكلة وألحق أفران الزجاج بمكان مسقوف يتصل بالفرن مباشرة توضع فيه الأوانى الزجاجية للتخلص من الإجهادات الداخلية التى تتولد نتيجة تعرضها للهواء البارد ، وكانت تترك فى هذا المكان لليوم التالى.

2– الصقل Polish :

إن الزجاجين يعملون على إعادة تسخين الزجاج أو تعرضه عدة مرات للهب أثناء عملية التشكيل للحصول على سطح مصقول ذو مقاومة خاصة ، خالى من الشروخ . فتلك الشروخ تمثل نقاط إجهاد يمكن أن نعتبرها هى نقطة البداية لعمليات التغيير والتلف عند التعرض للمهاجمة الميكانيكية أو الكيميائية .

3– المسامية Porosity : .

الزجاج هو مادة ضعيفة المسامية بشكل كبير ، غير أن تلك المسامية ستكون أكبر فى حالة ما إذا كان الزجاج يحتوى على فقاقيع هواء ، فهى تقلل من مقاومته . أو عند إحتوائه على نسبه عالية من القلوى .

5 – التشغيل على البارد (الخدش والنقر) : –

يعتبر أى أثر للخدش أو النقر أو للحك على الزجاج ، عبارة عن بؤر تفضيلية تزيد من عوامل التلف حوله عند تعرضه لظروف بيئية سيئة . ومن هنا جاءت التوصية بعدم استخدام فرش

سلك أو أدوات حادة لما تحدثه من احتكاك ينتج عنه خدش لسطح الزجاج يضعف من مقاومته للعوامل المتلفة ، حيث تعد أماكن مناسبة لنمو الكائنات الحية الدقيقة التى تسبب التلف البيولوجي .

* **مظاهر التلف الناتجة عن أخطاء فى التصنيع : .**

1- الشروخ Cracks :

هى عبارة عن عدد لا نهائى من الشروخ الدقيقة التى تسير فى خطوط بجميع الأتجاهات ، مكونة شبكة من الشروخ التى تعطى فى النهاية مظهراً يشبه قطع السكر الصغيرة على سطح الإناء .

2- الفقاعات الهوائية Air bubbles :

الفقاعات الهوائية عبارة عن جيوب هوائية داخلية فى مادة الزجاج ، وهى تعمل على إضعاف وسهولة تهشم سطح الزجاج ، نظراً لتأثر المحتوى الغازى لهذه الفقاعات بدرجة حرارة الجو المحيط فى حين لا يسمح لها الزجاج المحيط بالتمدد ، وبالتالى تضغط هذه الغازات على جوانب الفقاعات التى غالباً ما تكون من الزجاج الرقيق مهشمة إياها .

3- الشوائب الرملية Sandy impurities :

وهى عبارة عن بقع بنية ، أو معلقات من الرمال فى الوسط الزجاجى ، وتظهر نتيجة لعدم وصول المصهور الزجاجى لدرجة الحرارة التى تسمح لكل المكونات بالإنصهار الكامل ، كما أن هناك نوعاً أخر من الشوائب تعرف بالشوائب السوداء وهى عبارة عن بقع سوداء اللون ، تظهر نتيجة وجود شوائب فى الخلطة الزجاجية لم يتم إستخلاصها ، أو نتيجة تجمع بعض أكاسيد الألوان المضافة والتى لم يتم امتزاجها بصورة متجانسة فى المصهور الزجاجى .

4- ظاهرة التحجر Stoning :

وهى عبارة عن بقع أو خطوط بيضاء معتمة ، وتبدو الآنية المصابة بهذه الحالة كما لو كانت مصنوعة من المرمر وليست من الزجاج فى حالة إزدياد هذه الظاهرة ، وعلى الرغم من أن المظهر العام للآنية فى هذه الحالة يبدو متحجراً ، إلا أنه فى الواقع لا يعبر عن حقيقة الضعف الذى يصيب الآنية ، حيث تكون عرضة لسرعة الكسر والتفتت ، فهو فى الأصل شوائب تضعف من بناء الإناء الزجاجى وتجانس مادته ، وبالتالى الإختلاف فى تعامل أجزاء الآنية مع الظروف المحيطة خاصة درجة الحرارة الجوية .