قسم ترميم الآثار
الفرقة الثانية

5- العوامل المؤثرة فى لون الزجاج :

هناك عوامل عديدة تتحكم فى درجة اللون الناتج من إضافة الأكاسيد المعدنية لخلطات الزجاج أهمها :

- **حالة فرن الصهر من حيث توفير جو مؤكسد أو مختزل :**

وقد تحكم صانع الزجاج القديم فى جو الفرن تماماً من حيث الأكسدة أو الاختزال لما له من خبرة سابقة فى مجال صناعة الفخار، حيث استطاع صانعوا الفخار أن يتحكموا فى تغيير جو قمائن الاحراق لإنتاج ألوان مؤكسدة أو مختزلة (على سبيل المثال انتاج الخزف الاسود ذو البريق المعدنى) وقد توصل صانع الزجاج القديم إلى حقائق كثيرة فى هذا المجال اعتمادا على التجربة . فوجد أن : أكسيد النحاس فى جو الفرن المؤكسد يعطى الزجاج لوناً ازرقاً متميزاً يعرف بالازرق الزهرى ، أو الأزرق الأزورى أو اخضر اعتماداً على وجود أكاسيد أخرى ، ففى وجود نسبة عالية من أكاسيد الحديد يكون اللون الناتج اخضر ، أو درجات ما بين الازرق والاخضر بما يشبه لون الحجر النصف كريم الفيروز. أما فى جو الفرن المختزل Reducing فإن أكسيد النحاس يعطى الزجاج اللون الاحمر القاتم Dull red حيث تختزل مركبات النحاس فى حالة اضافتها بنسبة عالية إلى أكسيد النحاسوز المرسب فى الوسط الزجاجى . أيضاً بالنسبة لأكسيد الحديد ففى جو الفرن المؤكسد ومع زيادة نسبة أكسيد الحديدك Fe^{3+} يتلون الزجاج باللون الاصفر التوبازى TopYellow وفى الظروف المختزلة ومع زيادة نسبة ايون الحديدوز Fe^{2+} يتلون الزجاج باللون الأزرق .

- **درجة تكافؤ الأكسيد:**

والمقصود وجود الأكسيد فى أكثر من درجة تكافؤ ، حيث يؤدى هذا إلى اختلاف الدرجة اللونية للزجاج ، فمثلا أكاسيد الحديد عند اختزالها يتكون أكسيد الحديدوز ferrous oxide (Feo) ويتلون الزجاج بلون ازرق لوجود ايون الحديدوز Fe^{2+} فاذا حدثت له أكسدة مرة أخرى يتكون أكسيد الحديدك (Fe_2O_3) Ferric Oxide ويتلون الزجاج بلون اصفر وذلك لوجود ايون الحديديك (Fe^{3+}) وإذا تواجد الأكسيدان معاً " Fe_2O_3 و Feo يتلون الزجاج بلون اخضر مائلاً لاصفرار.

- **الكمية التى يضاف بها الأكسيد الملون:**

قد لوحظ أنه إذا زادت كيمة الأكسيد الملون المضاف عن حد معين فإن ذلك سوف يؤدى إلى ظهور اللون بدرجة قاتمة تصل إلى حد السواد ، ومثال ذلك أنه عند زيادة نسبة أكسيد النحاس عن (2% : 5%) فإن درجة اللون الناتج تصل إلى حد السواد .

قسم ترميم الآثار
الفرقة الثانية

- **تواجد أكثر من عامل ملون فى الزجاج:**

حيث يؤثر ذلك فى لون الزجاج المنتج وفقاً لنسبة كل من الأكسيدين فى الزجاج ، فعلى سبيل المثال فإن أكسيد النحاسيك يعطى اللون الازرق إما فى حالة تواجد نسبة من أكاسيد الحديد فان اللون الناتج يكون بين اللون الاخضر والازرق ، وغالباً ما كان يصنع الزجاج المقلد للون الفيروزى بهذا الأسلوب أيضاً وجد أن أكسيد الكوبالت يلون الزجاج بلون احمر أو اخضر بدلاً من الازرق لو تواجد مع نسبة من الماغنسيوم أو الزنك ومن هنا يتضح أن لون الزجاج يعتمد على الأكاسيد الأخرى المضافة أو الموجودة كشوائب فى المواد الخام .

- **الصورة التى يتواجد عليها الأكسيد :**

أى إذا كان الأكسيد داخلاً فى التركيب الشبكى للزجاج Network – former أو مطوراً له Network – modifier ومثال ذلك أن أكسيد الكوبالت يعتبر الكوبالت أقوى المواد الملونة في الزجاج على الإطلاق ، ويضاف إلى الخلطة الزجاجية في هيئة أكسيد الكوبالت Co O أو أي ملح للكوبالت ثنائي التكافؤ .

وقد استخدم المصريون القدماء الكوبالت للحصول على اللون الأزرق العميق في الزجاج والذي يظهر عند إضافة الكوبالت ثنائي التكافؤ Co^{+2} إلى خلطة من الزجاج الجيرصوديومى وينتج من وجود أيونات كوبالت محاطة بأربعة أيونات من الأكسجين مكونة هرم رباعى حيث تتكون مجموعات $Co\ O^{+4}$ ويكون الأكسيد هنا داخلاً فى التركيب الشبكى للزجاج ، وفى حالات وجودة كمطور للتركيب الشبكى للزجاج يمكن أن يصبح لأيون الكوبالت رقم ترابط عالى فيحيط نفسه بستة أيونات الكوبالت ويصعب تكوين مجموعات $Co\ O^{+4}$ ، وتتكون مجموعات $Co\ O^{+6}$ والتى تعطى اللون الأحمر القرمزى فى الزجاج . أما فى حالات خاصة من الزجاج (زجاج البوروسليكات) فيحدث أن يكون الكوبالت مجموعات $Co\ O^{+4}$ الزرقاء اللون ، $Co\ O^{+6}$ الحمراء القرمزية فى نفس الوقت الأمر الذى يؤدى على ظهور اللون البنفسجى .

- **درجة الحرارة أثناء عملية الصهر:**

تؤثر درجة حرارة الصهر على لون الزجاج المنتج ، وقد لوحظ على سبيل المثال إنه عند اضافة أكسيد الرصاص والكروم إلى خلطة الزجاج وعند انخفاض درجة الحرارة يتلون الزجاج بلون احمر ، وعند ارتفاع درجة الحرارة يكون اللون الناتج بنى أو اخضر.