

# تأثير الاستبدال الجزئي للأكاسيد القلوية بأوكسيد الليثيوم (Li<sub>2</sub>O) على زجاج الخزف واطى الحرارة

احمد هاشم الهنداوي<sup>1</sup>

جامعة بغداد-كلية الفنون الجميلة-المؤتمر العلمي 19

ISSN(Online) 2523-2029/ ISSN(Print) 1819-5229

Al-Academy Journal

Date of receipt: 8/4/2023

Date of acceptance: 27/4/2023

Date of publication: 15/8/2023



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

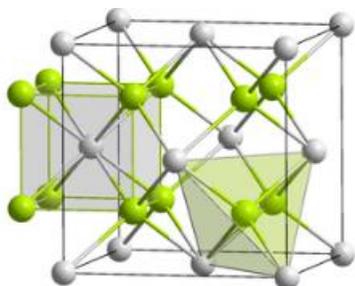
## الملخص:

يهدف البحث دراسة تأثير إضافة (Li<sub>2</sub>O) الى زجاج قلوي يحتوي (K<sub>2</sub>O,Na<sub>2</sub>O) وبالرغم ان كل الاكاسيد القلوية لها خواص مشتركة الا ان كل أوكسيد له ما يميزه، فالوزن الجزئي (Li<sub>2</sub>O) اقل بمرتين من وزن (Na<sub>2</sub>O) وثلاث مرات من (K<sub>2</sub>O) لذا يضاف بنسب قليلة، فضلا عن انه صاهر قوي جدا لذلك لا يستخدم لوحده وانما يحل بدل جزء من اكاسيد قلوية أخرى، فقد اضيف الى زجاج قلوي ينضج بدرجة 980م بنسب (2.0,1.4,1.2,0.8,0.4%) بدل (Na<sub>2</sub>O) وقد استعملت كاربونات الليثيوم (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) كمصدر للأوكسيد. طبقت خلطات الزجاج على جسم فخاري ابيض (Whiteware) وتم حرق النماذج وتبريدها على وفق توقيتات مبرمجة. بعدها أجريت الفحوصات والحسابات: الفحص الظاهري والمايكروسكوبي، الكثافة، اللزوجة، الشد السطحي، التمدد الحراري، الصلادة ومقاومة الخدش، وبعد تحليل النتائج ومناقشتها، تبين ان (Li<sub>2</sub>O) له تأثيرات متفاوتة على خواص الزجاج بعضها مؤثر والبعض الاخر اقل تأثيرا.

## 1- المقدمة:

يصنف الزجاج بعدة تصنيفات منها الفيزيائية، الميكانيكية، الضوئية والكيميائية، والتصنيف الكيميائي يحدده خصائص وسلوك ونسب المواد المكونة للخلطات بحسب المجاميع الاوكسيدية (RO<sub>2</sub>-R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-RO)، فالزجاج القلوي هو أكثر أنواع الزجاج استعمالا في صناعة الخزف اذ تكون المواد الصاهرة فيه اكاسيد (Na<sub>2</sub>O,K<sub>2</sub>O,Li<sub>2</sub>O) وبالرغم من انها تشترك بالعديد من الصفات العامة فان كل أوكسيد منها يمنح الزجاج خصائص تختلف عن الاخر. فأوكسيدي الصوديوم والبوتاسيوم هما التقليديين في زجاج الحرارة الواطئة (Earthenware) اما أوكسيد الليثيوم (Li<sub>2</sub>O) وبرغم استخدامه القليل لندرته فانه يضيف على الزجاج تأثيرات متعددة تختلف عما في الزجاج المحتوي على الاكاسيد القاعدية والقلوية الأخرى.

<sup>1</sup> تدريسي/جامعة بغداد / كلية الفنون الجميلة [dr.ahmed.al-hindawi@cofarts.uobaghdad.edu.iq](mailto:dr.ahmed.al-hindawi@cofarts.uobaghdad.edu.iq)



Li<sup>+</sup> O<sup>2-</sup>

## 2- الجانب النظري:

### 1.2- أوكسيد الليثيوم-Lithia (Li<sub>2</sub>O):

هو أوكسيد قلوي يعمل صاهر في الزجاج ونتائجه مقارنة لنتائج أوكسيدي (K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O) ومصادره كاربونات الليثيوم (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) والفلسـبـثويد (Fledspathoid) المحتوية على الليثيوم ولنندرة هذه المصادر فانه من الاكاسيد الصاهرة الثمينة ، يضاف

هذا الاوكسيد بنسبة لا تزيد 1-3% مع الاكاسيد القاعدية الأخرى (Singer & Singer, (Britt, 2004, p. 23) (Hamer, 1975, pp. 183-184). ويمتاز أوكسيد الليثيوم في انه شديد التفاعل وهذا يسبب سيولة عالية وبالتالي لزوجة منخفضة وزيادة في الهريق (Rhodes, 1973, p. 21) وبهذا فان دورة حرق الزجاج المحتوي عليه تتقلص وقتا وحرارة بالمقارنة مع زجاج اخر لا يحتوي عليه نتيجة قوة الفعل الصاهر ، وهذا يسمح بتضمين تركيب الزجاج كميات اكبر من (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>) وهذا يؤدي الى زجاج ذو شد سطحي مرتفع (Taylor & Bull, 1986, pp. 20-22). فضلا عن ذلك فان أوكسيد الليثيوم يعمل كمساعد صهر (Flux) فعال مع الاكاسيد القاعدية الأرضية (BaO, MgO, CaO). يمتلك أوكسيد الليثيوم معامل تمدد منخفض بالمقارنة مع الاكاسيد القلوية الأخرى لذا فانه يستخدم بديلا عن جزء من (Na<sub>2</sub>O) مثلا ذو معامل التمدد العالي لخفض نسبة التجزع في الزجاج (Hamer 1965-167). الليثيوم (Li) من العناصر الخفيفة وزنه الذري (6.9) بالمقارنة مع Na (22.9) ، K (39.01) و Ca (40.08) اما الاوزان الجزيئية لأكاسيد العناصر Li<sub>2</sub>O (29.88) ، Na<sub>2</sub>O (61.97) ، K<sub>2</sub>O (94.19) وهنا يلاحظ ان وزن أوكسيد الليثيوم هو الأقل، ولصغر قياس ذرة الليثيوم فان هذا يجعل أوكسيده مضغوطا مما يعني ان نفس الوزن من الاكاسيد أعلاه يكون لأوكسيد الليثيوم كمية أكبر من الجزئيات وهذا قد يؤدي الى خلل في بنية الزجاج ولهذا يضاف بنسب قليلة.

### 2.2- الزجاج الواطئ الحرارة:

يصف الزجاج حسب درجات حرارة النضج الى عالي، متوسط وواطئ، الواطئ الحرارة يكون مداه (750 – 1100 م) وفيه تكون العلاقة بين القاعدة (R<sub>2</sub>O-RO) والحامض (RO<sub>2</sub>) (1-2 او3)، يعتمد هذا الزجاج على الاكاسيد القلوية كمواد صاهرة (Alkaline) ونسبة اقل من الاكاسيد القاعدية الأرضية (Alkaline Earth)، اما نسبة (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>) تكون منخفضة بالمقارنة مع أنواع الزجاج ذات درجات النضج الأعلى (Al-Zamzami & Al-Shaibani, 1996, pp. 184-185)، (Green, 1975, pp. 99-101).

### 3- الإجراءات والنتائج:

#### 1.3- الجسم الفخاري (Body):

تم تحضير خلطة طينية متكونة من (كاؤولين دويخله 80% ورمـل أرضـمة المطحون 20%)، واستخدمت هذه المواد للحصول على جسم فخاري بدرجة بياض

عالية لتقليل التأثير اللوني على الزجاج، شكلت النماذج بقياس (15سم×15سم×1سم) وبعد الجفاف حُرقت بدرجة حرارة 1000م.

### 2.3- الزجاج (Glaze):

- 1- تم اعتماد زجاج مفرت (1455 W) (Winger Ltd., 1981-1983, p. 4) خالي من (Li<sub>2</sub>O) قواعده (CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O) وتم تعديله بإضافة 8% سيليكات.
- 2- تم اعتماد كربونات الليثيوم (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) وأضيف الى خلطة الزجاج الرئيسية بنسب (1, 2, 3, 4, 5%).
- 3- اجريت عملية قياس التدرج الحجمي للمواد الزجاج بواسطة مايكروسكوب ذو قاعدة متحركة وذلك بعد عملية الغرلة بقياس (75 μm)، تم قياس حوالي 30-35 حبيبة لكل مادة داخله في تكوين الزجاج لتحديد اصغر القياسات وهي (30.7 μm) واكبرها (63.8 μm) فضلا عن المعدل (53.4 μm) لكل الحبيبات وقد اعتمد أطول محور للحبيبة في القياس.
- 4- ولغرض التجانس العالي تم خلط المواد بطاحونة بورسلينية (200م/ساعة) لكل خلطة ثم تمت عملية الغرلة في (60 μm).
- 5- طُبقت خلطات الزجاج بطريقة الرش (Spray) على النماذج الفخارية بسمك تقريبا 1.0 ملم.

| Grs.                            | Ox.                            | *A-Li-0 |      | A-Li-1 |      | A-Li-2 |      | A-Li-3 |      | A-Li-4 |      | A-Li-5 |      |
|---------------------------------|--------------------------------|---------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
|                                 |                                | F.U.    | %    | F.U.   | %    | F.U.   | %    | F.U.   | %    | F.U.   | %    | F.U.   | %    |
| R <sub>2</sub> O                | Li <sub>2</sub> O              | --      | --   | 0.037  | 0.40 | 0.076  | 0.80 | 0.110  | 1.20 | 0.144  | 1.60 | 0.178  | 2.0  |
|                                 | Na <sub>2</sub> O              | 0.472   | 10.0 | 0.445  | 9.60 | 0.417  | 9.20 | 0.392  | 8.80 | 0.366  | 8.40 | 0.343  | 8.0  |
| RO                              | K <sub>2</sub> O               | 0.096   | 3.12 | 0.095  | 3.12 | 0.093  | 3.12 | 0.091  | 3.12 | 0.089  | 3.12 | 0.087  | 3.12 |
|                                 | CaO                            | 0.431   | 8.28 | 0.422  | 8.28 | 0.414  | 8.28 | 0.406  | 8.28 | 0.40   | 8.28 | 0.391  | 8.28 |
| R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.284   | 9.90 | 0.278  | 9.90 | 0.273  | 9.90 | 0.267  | 9.90 | 0.263  | 9.90 | 0.258  | 9.9  |
| RO <sub>2</sub>                 | SiO <sub>2</sub>               | 2.745   | 56.2 | 2.689  | 56.2 | 2.636  | 56.2 | 2.585  | 56.2 | 2.543  | 56.2 | 2.489  | 56.2 |
|                                 | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0.522   | 12.5 | 0.511  | 12.5 | 0.501  | 12.5 | 0.491  | 12.5 | 0.483  | 12.5 | 0.473  | 12.5 |
| T- C <sup>0</sup> .             |                                | 980     |      | 950    |      | 900    |      | 860    |      | 780    |      | 740    |      |
| Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> |                                | 0%      |      | 1%     |      | 2%     |      | 3%     |      | 4%     |      | 5%     |      |

\*A = Alkaline Glaze, Li-0,1,2,3,4,5 = Percentage of Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

جدول (1.3) الصيغ الكيميائية ونسب الاكاسيد المكونة للزجاج

### 3.3- حرق وتبريد الزجاج:

#### 1.3.3- برنامج الحرق:

بعد وضع النماذج في الفرن ولغرض التأكد من عدم وجود رطوبة قد تسبب خلل في طبقة الزجاج تم تسخين النماذج لدرجة 110 م° ولمده ساعتين ولتحديد معدل ارتفاع درجة الحرارة طُبقت العلاقة التالية:  
 (Abu Safiya, 1982, p. 42).

$$\frac{T1 - T2}{t} = \frac{\text{مقدار الارتفاع في درجة الحرارة}}{\text{زمن الحرق}} = \text{معدل التسخين}$$

T1 = درجة حرارة النضج النهائية.

T2 = درجة الحرارة التجفيف (110 م°).

t = عدد ساعات الحرق (بعد 110 م°) الى درجة حرارة النضج.

| Maturing temp./C° | Firing/h | Rate of temp. rise C°/h |
|-------------------|----------|-------------------------|
| 980               | 8.7      | 100.0                   |
| 950               | 8.5      | 98.8                    |
| 900               | 8.0      | 98.7                    |
| 860               | 7.6      | 98.6                    |
| 780               | 6.8      | 98.5                    |
| 740               | 6.4      | 89.4                    |

جدول (1.3) عدد ساعات حرق الزجاج ومعدل ارتفاع درجات الحرارة.

#### 2.3.3- برنامج التبريد

بعد الوصول الى درجة حرارة النضج ترك الفرن ليبرد مع بقاء فتحه المراقبة وفتحته التهوية مغلقة وذلك لعدم حدوث تبريد سريع يؤدي الى اجهادات قد تسبب مشاكل في طبقة الزجاج كزيادة نسبة التبلور (إذا كان هناك احتمال لحدوثها) او تكسر طبقة الزجاج (Crazing)، ولتحديد معدل انخفاض درجة الحرارة طُبقت العلاقة التالية:

$$\frac{T1 - T2}{t} = \frac{\text{مقدار الانخفاض في درجة الحرارة}}{\text{زمن التبريد}} = \text{معدل التبريد}$$

T1 = درجة حرارة النضج.

T2 = درجة حرارة الغرفة (25 م°).

t = عدد ساعات التبريد.

| Maturing temp./C° | Cooling/h | Rate of temp drop C°/h |
|-------------------|-----------|------------------------|
| 980               | 9.55      | 100                    |
| 950               | 9.25      | 100                    |
| 900               | 8.75      | 100                    |
| 860               | 8.35      | 100                    |
| 780               | 7.55      | 100                    |
| 740               | 7.15      | 100                    |

جدول (2.3) عدد ساعات التبريد ومعدل انخفاض درجة الحرارة

#### 4- الفحوصات والنتائج:

##### 1.4- الفحص الظاهري والميكروسكوبي:

اجري الفحص للتعرف على السمات الضاهرية للسطح والمحتوى النسيجي الميكروسكوبي لطبقة الزجاج وتبين ان (مكونات الزجاج في انصهار كامل وبالتالي لم تظهر جزيئات صلبة عالقة).

| Glazes | Bubbles*          |                   | Glossy*           |                   | Transparency*     |                   | Rate of*<br>crazing |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
|        | 980C <sup>0</sup> | ΔT-C <sup>0</sup> | 980C <sup>0</sup> | ΔT-C <sup>0</sup> | 980C <sup>0</sup> | T-ΔC <sup>0</sup> |                     |
| A-Li-0 | 2                 | 2                 | 2                 | 4                 | 4                 | 4                 | 4                   |
| A-Li-1 | 2                 | 2                 | 2                 | 4                 | 4                 | 4                 | 4                   |
| A-Li-2 | 1                 | 2                 | 2                 | 4                 | 4                 | 4                 | 3                   |
| A-Li-3 | 1                 | 3                 | 1                 | 3                 | 4                 | 2                 | 2                   |
| A-Li-4 | 1                 | 3                 | 1                 | 3                 | 5                 | 2                 | 2                   |
| A-Li-5 | 1                 | 4                 | 1                 | 3                 | 5                 | 2                 | 2                   |

(\*) درجات التقييم (5,4,3,2,1,0).

جدول (1.4) الخصائص الظاهرية والميكروسكوبية للزجاج.

##### 2.4- فحص التمدد الحراري:

تم حساب التمدد لأنواع الزجاج باعتماد معاملات التمدد الخطي (Linear expansion) coefficient. (Singer & Singer, 1963, p. 548) (Fluegel, 2007, p. 8) (glassproperties.com/expansion) وقد اجري هذا الفحص للتحقق من تأثير (Li<sub>2</sub>O) على خاصية التمدد الحراري للزجاج والتي تعتمد على التركيب الذي كل عنصر فيه يساهم في اجمالي التمدد من خلال خاصيته (Taylor & Bull, 1986, p. 78). نتيجة تغير درجة الحرارة.

| Glazes | $X 10^{-6} (C^{\circ})^{-1} = (cm/cm/C^{\circ})$<br>at (210 C <sup>o</sup> ) |
|--------|--|
| A-Li-0 | 7.93   |
| A-Li-1 | 7.85   |
| A-Li-2 | 7.68   |
| A-Li-3 | 7.52   |
| A-Li-4 | 7.34   |
| A-Li-5 | 7.20   |

جدول (2.4) معاملات التمدد الطولي للزجاج.

### 3.4- اللزوجة:

أهمية اللزوجة تحكمها في مائعية المنصهر الزجاجي (Fluidity) وتحركه الى الأسفل بدفع من الثقل النوعي (Specific gravity)، (Shear layers) (Hamer & Hamer, 2004, p. 390)، و في اندماج الفقاعات ونموها وقدرة المائع على تغطية السطوح الطينية ، اما الذي يحدد قيمة الزوجة مكونات الزجاج ودرجات حرارة النضج (Taylor & Bull, 1986, p. 193) والكثافة (Chen & Halloy, 1987, pp. 168-169)، وتم حساب اللزوجة الديناميكية (باسكال\*ثانية، P\*S) (glassproperties.com/viscosity) و(اللزوجة الكنماتية ستوكس St.) وهي (نتيجة تقسيم اللزوجة الديناميكية على كثافة المائع) (Bansal, 2007, p. 327).

| Glazes | $\log_{10}(\text{visc}/\text{Pa}\cdot\text{s})$<br>at 980C <sup>o</sup> | Stoke<br>( $\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ) | $\Delta T-C^{\circ}$ | $\log_{10}(\text{visc}/\text{Pa}\cdot\text{s})$ | Stoke<br>( $\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ) |
|--------|---|--|----------------------|---|--|
| A-Li-0 | 4.857   | 1.933  | 980                  | 4.857   | 1.933  |
| A-Li-1 | 5.051   | 2.011  | 950                  | 5.574   | 2.219  |
| A-Li-2 | 5.264   | 2.096  | 900                  | 6.382   | 2.542  |
| A-Li-3 | 5.499   | 2.191  | 860                  | 7.631   | 3.041  |
| A-Li-4 | 5.758   | 2.295  | 780                  | 8.482   | 3.381  |
| A-Li-5 | 6.046   | 2.411  | 740                  | 8.732   | 3.482  |

جدول (3.4) لزوجة الزجاج بدرجات حرارة مختلفة.

#### 4.4- الشد السطحي:

ان أهمية الشد السطحي انه عامل يسيطر على مواصفات سطح وطبقة الزجاج واللذان يحدث فيهما تغيرات كالتلين او الترطيب (Wetting) واللمعان (Gloss) والانسحاب (Crawling)، فضلا عن انه يتحكم في تحرر الفقاعات من الزجاج (Singer & Singer, 1963, pp. 538-539) (Taylor & Bull, 1986, pp. 218-219) وتم حساب قيم الشد السطحي بدرجات الحرارة المختلفة (Kucuk & Clare, 1999, pp. 149-153) (glassproperties.com/surfacetension).

| Glazes | mN/m<br>at 980C° | $\Delta T-C^0$ | mN/m   |
|--------|------------------|----------------|--------|
| A-Li-0 | 303.24           | 980            | 303.24 |
| A-Li-1 | 304.44           | 950            | 304.84 |
| A-Li-2 | 305.63           | 900            | 308.04 |
| A-Li-3 | 306.81           | 860            | 310.83 |
| A-Li-4 | 307.97           | 780            | 315.21 |
| A-Li-5 | 309.14           | 740            | 319.14 |

جدول (4.4) الشد السطحي للزجاج بدرجات حرارة مختلفة.

#### 5.4- الكثافة:

الكثافة ظاهرة تحدد بعض خواص المواد المتجانسة فالصلبة منها أكثر كثافة بالمقارنة مع اطوار المادة الاخرى وبالنتيجة أكثر متانة (Durability)، فضلا عن ان ارتفاع الكثافة يؤدي الى زيادة معامل الانكسار (R.I.) ودرجة بريق السطح (Al-Halwani, 2018, p. 211) (Fluegel, 2008, pp. 2622-2625).

| Glaze  | g/cm <sup>3</sup> |
|--------|-------------------|
| A-Li-0 | 2.5125            |
| A-Li-1 | 2.5115            |
| A-Li-2 | 2.5104            |
| A-Li-3 | 2.5094            |
| A-Li-4 | 2.5084            |
| A-Li-5 | 2.5074            |

جدول (5.4) قيم كثافة الزجاج

#### 6.4- فحص الصلادة والخدش:

اجري فحص الصلادة بنظام (Rockwell 15-N) (Thornton & Colangelo, 1990, p. 245) وقد سلط حمل 3 و 15 كغم واخذت 6 قراءات لكل نموذج وكان المعدل لكل النماذج (76.6-84.1). اما قيم مقاومة الخدش وحسب (Moh's scale of Hardness) (7.0-6.5).

#### 5- مناقشة النتائج:

##### 1.5- اللزوجة:

تم حساب اللزوجة الديناميكية والكينماتية، ففي درجة 980م ارتفعت اللزوجة مع زيادة (Li<sub>2</sub>O) والذي تأثيره في رفع اللزوجة اعلى نسبيا من القلويات الأخرى (Hamer, 1975, p. 287)، وقد يكون سبب ارتفاع اللزوجة أيضا إعادة تكوين أو اصر لمركبات جديدة في الزجاج المنصهر (Hamer, 1975, p. 287) (Fluegel, Varshneya, Earl, Seward, & Oksoy, 2004) اما ارتفاع اللزوجة بحسب درجة حرارة النضج سببها زيادة نسبة (Li<sub>2</sub>O) وانخفاض درجة الحرارة، وهذا اثر في نسبة الفقاعات التي ترتفع مع ارتفاع درجة اللزوجة.

##### 2.5- الشد السطحي:

ان قيم الشد السطحي ترتفع مع زيادة نسبة (Li<sub>2</sub>O) وذلك لان معامل شده السطحي (4.6) عالي بالمقارنة مع (K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O) (0.1,1.5) على التوالي، ويلاحظ ذلك في درجة 980 م وبحسب درجة حرارة النضج أيضا وفيها سبب اخر لارتفاع (S.T.) هو انخفاض درجة الحرارة، وبشكل عام فان الشد السطحي يؤدي الى إعادة امتصاص الفقاعات (Reabsorption) وزيادة نسبتها في الزجاج (Singer & Singer, 1963, pp. 538-539).

##### 3.5- الكثافة:

انخفضت كثافة الزجاج عند استمرار اضافة (Li<sub>2</sub>O) قليل الكثافة (2.013 غم/سم<sup>3</sup>) بالمقارنة مع (K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O) (2.329,2.270 غم/سم<sup>3</sup>)، وهذا أدى الى انخفاض طفيف بالهريق نتيجة انخفاض معامل انكسار (R.I.) الزجاج (Al-Halwani, 2018, p. 211). وقد يؤدي معامل انكسار (Li<sub>2</sub>O) (1.74n<sub>D</sub>) بينما (K<sub>2</sub>O,Na<sub>2</sub>O) (1.52,1.60n<sub>D</sub>) الى الحفاظ على مستوى متقارب للانكسار وبالتالي الهريق عند استمرار إضافة الأوكسيد، وهنا يجب الاخذ بنظر الاعتبار وجود الفقاعات وخاصة في درجات الحرارة الواطنة التي تعمل على تشتيت الضوء (Dispersion). علما ان كثافة زجاج الخزف (8.13-2.125 غم/سم<sup>3</sup>) (Allam, 1964, p. 133).

للكثافة علاقة عكسية بالنفاذية الضوئية (الشفافية) وهناك عوامل أخرى متأثرة بالتركيب الكيميائي وبنية الزجاج ومحتواه من المواد العالقة الصلبة والغازية، في درجة 980م تزداد الشفافية وبسبب القوة الصاهرة يكون الزجاج متجانس لذا ارتفعت الشفافية والعكس في انخفاض درجة الحرارة.

#### 4.5- التمدد الحراري:

أظهرت النتائج ان قيم التمدد انخفضت باستمرار إضافة (Li<sub>2</sub>O) كون معامل تمدده قليل (0.1896)، وإثر هذا في انخفاض نسبة التجزغ دون اختفائه لوجود (K<sub>2</sub>O,Na<sub>2</sub>O) (digitalfire.com/oxide/li2o) ذو معاملي تمدد عاليين (0.5320,0.4545) (Fluegel, 2007, p. 8)، وتتراوح معدلات التمدد الطولي للزجاج (10<sup>-6</sup> X5.5) - (10<sup>-6</sup> X8.0) (Taylor & Bull, 1986, p. 83).

#### 5.5- الصلادة والخدش:

لم يحدث تأثير واضح على الصلادة ومقاومة الخدش عند إضافة (Li<sub>2</sub>O) لان نسبة اضافته قليلة وان مكونات الزجاج المؤثرة في الصلادة (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,SiO<sub>2</sub>) (Singer & Singer, 1963, p. 557) نسبتهما عالية وثابتة في خلطات الزجاج، لذا ظهرت النتائج متقاربة في طريقتي القياس مع الأخذ بالاعتبار ان ارتفاع درجة حرارة النضج تؤدي الى صلادة اعلى نتيجة تأصر قوي وتجانس عالي، وقد تم الفحص في 25م.

#### الاستنتاجات:

تبين ان نسب واطئة جدا من أوكسيد الليثيوم (Li<sub>2</sub>O) تعمل على تغيير خواص ومواصفات الزجاج بسبب تركيبته البنائية والكيميائية التي تميزه عن الاكاسيد القلوية الأخرى، فقد كان التأثير فاعل على بعض الخواص واقل تأثيرا على خواص أخرى.

#### References:

1. Abu Safiya, A. (1982). *Engineering Physical Methology*. Baghdad, Iraq: University of Technology.
2. Al-Halwani, Y. (2018). *The Guide to Physics*. Cairo, Egypt: Dar Al-Ilm and Al-Iman for Publishing and Distribution.
3. Al-Hindawi, A. (1997). *The Possibility of Using Local Raw Materials to Produce Opaque Ceramic Glass, Ph.D. Thesis*. Baghdad, Iraq: University of Baghdad.
4. Allam, M. (1964). *The Science of Ceramics: Glazing and Decoration, Part 2*. Cairo, Egypt: Anglo-Egyptian Library.
5. Al-Zamzami, M., Al-Shaibani, M., & Al-Zindah, A.-S. (1996). *Ceramic Technology: Raw Materials*. Tripoli, Libya: Tripoli International Scientific Library.
6. Bansal, R. (2007). *Solid and Fluid Mechanics*. New Delhi, India: Laylni Publication Pvt. Ltd.
7. Britt, J. (2004). *The Complete Guide to Mid-Range Glazes: Glazing and Firing at Cone 4-7*. Asheville, NC, USA: Lark Books, Imprint of Sterling Co.
8. Chen, C., & Halloy, F. (1987). *Turbulence Measurements and Flow Modeling*. London, England: Hemisphere Publishing Corporation.
9. Fluegel, A. (2007). *Thermal Expansion Calculation of Silicate Glasses at 210 °C, Based on the Systemic Analysis of Global Databases*.
10. Fluegel, A. (2008, August 8). Global Model for Calculating Room-Temperature from the Glass Density from the Composition. *Journal of American Ceramic Society*.
11. Fluegel, A., Varshneya, A., Earl, D., Seward, T., & Oksoy, D. (2004). Melt Chemistry, Relaxation, and Solidification Kinetics of Glasses: The 106th Annual Meeting of the American Ceramic Society. *Improved Composition-Property Relations in Silicate Glasses, Part I: Viscosity*. Indianapolis, Indiana, USA: The American Ceramic Society.

12. *Glass Viscosity Calculation*. (n.d.). Retrieved from Glassproperties.com: <http://glassproperties.com/viscosity/>
13. Green, D. (1975). *Understanding Pottery Glaze*. London, England: Faber and Faber Limited.
14. Hamer, F. (1975). *The Potter's Dictionary of Materials and Techniques*. New York, USA.
15. Hamer, F., & Hamer, J. (2004). *The Potter's Dictionary of Materials and Techniques*. London, England: A&C.
16. Hansen, T. (n.d.). *Li<sub>2</sub>O (Lithium Oxide, Lithia)*. Retrieved from Digitalfire.com: <https://digitalfire.com/oxide/li2o>
17. Kucuk, A., & Clare, L. (1999, October). An Estimation of the Surface Tension Silicate Glass Melts at 1400°C Using Statistical Analysis. *Glass Technology*.
18. Rhordes, D. (1973). *Clay and Glazes for the Potters*. Rander, Pennsylvania, USA: Chilton Book Co.
19. Singer, F., & Singer, S. (1963). *Industrial Ceramic*. New York, USA: Chemical Publishing Co.
20. *Surface tension calculation of glass melts at 1400°C*. (n.d.). Retrieved from Glassproperties.com: <http://glassproperties.com/surfacetension/>
21. Taylor, J., & Bull, A. (1986). *Ceramic Glaze Technology*. London, England: The Institute of Ceramic, Pergamon Press.
22. *Thermal expansion of silicate glasses at 210°C*. (n.d.). Retrieved from Glassproperties.com: <http://glassproperties.com/expansion/>
23. Thornton, P., & Colangelo, V. (1990). *Fundamentals of Engineering Materials*. Englewood Inc.
24. Winger Ltd. (1981-1983). *Materials and Equipments for Craft Pottery*. Stokes on Trent, England.

## Effect of partial substitution of alkaline oxides with lithium oxide (Li<sub>2</sub>O) on low-temperature ceramic glaze

Prof. Dr. Ahmed Al-Hindawi

### Abstract:

The research aims to study the effect of adding (Li<sub>2</sub>O) to an alkaline glaze containing (K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O). Although all the alkaline oxides have common properties, each oxide has something that distinguishes it. The molecular weight of (Li<sub>2</sub>O) is two times less than that of (Na<sub>2</sub>O) and three times that of (K<sub>2</sub>O). Therefore, it is added in small proportions. In addition, it is a very strong flux, so it is not used alone, but rather replaces a part of other alkaline oxides. It was added to an alkali glass that matured at a temperature of 980°C in proportions (2.0,1.4,1.2,0.8,0.4%) instead of (Na<sub>2</sub>O), using lithium carbonate (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) as an oxide source. The glazes mixtures were applied to a white pottery body, and the samples were fired and cooled according to programmed timings. After that, the tests and calculations were carried out: virtual and microscopic examinations, density, viscosity, surface tension, thermal expansion, hardness and scratch resistance. After analyzing and discussing the results, it was found that (Li<sub>2</sub>O) has varying effects on the properties of glazes, some of which are effective and others are less effective.

**Keywords:** Alkaline oxides, Lithium oxides, Low temperature glaze, Glazes properties