



## The possibility of modifying the mechanism of Seger's theory to calculate ceramic glaze

Ahmed Hashim Al-Hindawi <sup>al</sup>

<sup>a</sup> College of Fine Arts/University of Baghdad

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 14 February 2024

Received in revised form 24 February 2024

Accepted 13 April 2024

Published 15 May 2024

#### Keywords:

Seger theory

Formula unit

Glaze calculation

Glaze opacification

Alkaline earth.

### ABSTRACT

The study aims to make modifications to a theory for calculating glaze components, which was developed by the German chemist H. Seger (1839-1893 AD) 130 years ago which was named after him. It is still effective even with the current scientific and technological development and the emergence of electronic programs for glaze calculations that relied on the basics of this theory. This theory has been subjected to a number of modifications, and there are still shortcomings in some of its applications. In this research, two "modifications" were made in the first one, the glaze (Formula unit) was liberated from the constants of molar equivalent values and to facilitate the addition of components of any value while in the second modification, a mechanism was developed to calculate opacity with earthen alkaline (RO) and acidic oxides (RO<sub>2</sub>), the theory in showing opacification was limited to amphoteric substances (R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), and in application, the modifications showed their effectiveness.

<sup>1</sup>Corresponding author.

E-mail address: [dr.ahmed.al-hindawi@cofarts.uobaghdad.edu.iq](mailto:dr.ahmed.al-hindawi@cofarts.uobaghdad.edu.iq)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## أمكانية تعديل آلية عمل نظرية سيكر (Seger) لحساب زجاج الخزف

أ.د. احمد هاشم الهنداوي<sup>1</sup>

الملخص:

تهدف الدراسة الى محاولة لأجراء تعديلات على نظرية لحساب مكونات الزجاج والتي وضعت من قبل الكيميائي الألماني (H. Seger) (1839-1893م) منذ (130) عام وسميت باسمه وما زالت فاعلة بعد التطور العلمي والتكنولوجي وظهور البرامج الالكترونية لحسابات الزجاج والتي اعتمدت على اساسيات هذه النظرية، تعرضت هذه النظرية لعدد من التعديلات ولا زال هناك قصور في بعض تطبيقاتها. في هذا البحث تم اجراء "تعديلين" في الأول تم تحرير صيغة الزجاج (Formula unit) من ثوابت قيم المكافئات المولية وتسهيل إضافة المكونات بأي قيمة، وفي التعديل الثاني وضعت آلية لحساب العتمة بالقواعد الترابية (RO) والمواد الحامضية (RO<sub>2</sub>) وقد اقتصر هذه النظرية على المواد المتعادلة (R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) في اظهار العتمة، وبالتطبيق أظهرت هذه التعديلات فعاليتها.

الكلمات المفتاحية: نظرية سيكر، وحدة الصيغة، حسابات الزجاج، تعقيم الزجاج، القلوبات الترابية.

1- المقدمة:

الزجاج تركيب كيميائي معقد ومن الصعوبة وضع صيغة موحدة له لذا من الطبيعي ان يُعبّر عن تركيب كل خلطة بما تحويه من مكونات ويكون لها صيغة جزيئية لوحداتها الأساسية وهي الاكاسيد التي تنظم بصيغة موحدة (Formula units) وذلك حسب نوعها وخواصها في تكوين معين وعلاقة هذا التكوين بتحديد درجة حرارة نضج الزجاج وطبيعته الفيزيائية الشفافية والعتمة ، البريق والانطفاء وغيرها، يتكون زجاج الخزف بشكل عام من ثلاث مجاميع اوكسيدية هي (1) المواد الحامضية، المكون الرئيسي لشبك الزجاج (Glass network former)، (2) المواد القاعدية معدلات الشبك-الصاهرة (Network modifiers) و(3) المواد المتعادلة المثبتة (Stabilizer)، وكل مجموعة تحتوي على عدد من الاكاسيد التي مصادرها عدد كبير من المركبات وهذه يجب وضعها في نظام لتمثيل خلطة الزجاج وتحويلها الى كميات نسبية للمحتوى الاوكسيدي، في صناعة الزجاج (Glass) تستخدم النسب المئوية لتحديد المكونات كوسيلة للمقارنة بينها، ولكن في زجاج الخزف (Glaze) تستخدم النسب الجزيئية (Molecular ratio)، اما الصيغة الجزيئية (Molecular Formula) يمكن تنظيمها بعدة طرق ووضعتها عدد من العلماء منهم: زاخارياسن (Zachariasen) (1932, pp. 199,201,203) الذي اقترح صيغة (A<sub>m</sub> B<sub>n</sub> O) اذ ان: A المعدلات وB مكونات الشبك و(m,n) يحسبان لـ (O) كوحدة وهناك آخرون جعلوا (SiO<sub>2</sub>) وحدة وتحسب قيمة A وB بالنسبة لها، وهنا صعوبة في جعل الصيغة (M.F.U.) المحتوية على معدلات الشبك ذات مكافئات مختلفة ان تُقارن مع (Si<sup>+4</sup>) او (B<sup>+3</sup>) فضلا عن ذلك من الصعوبة تحديد موقع العناصر الوسطية (Intermediate) المختلفة الخصائص تحت A او B.

<sup>1</sup> جامعة بغداد، كلية الفنون الجميلة، قسم الفنون التشكيلية

اقترح ميلر (Mellor) طريقة لحساب النسب المئوية للجزئيات ولكنها لم تدخل حيز التطبيق (Mellor, 1937, p. 52) ، اما سيكر (Hermann seger 1839-1893) فقد وضع نظرية اعتمدت على اساسيات اقترح ميلر هي التي دخلت مجال التطبيق وبشكل واسع ، اذ وضعت هذه النظرية طريقة لتنظيم الصيغة الجزئية لزجاج الخزف (Ceramic glaze) وفيها أدرج سيكر الاكاسيد المكونة للزجاج في ثلاث حقول او اكثر على شكل مجاميع ووكسيديية ؛ احتوى الحقل الأول على مجموعة الاكاسيد الأحادية والثنائية التكافؤ ( Monovalent and Divalent) يرمز لها (R<sub>2</sub>O,RO) اما الثاني احتوى على الثلاثية التكافؤ (Trivalent) ويرمز لها (R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) والثالث ضم الرباعية التكافؤ (Tetravalent) ويرمز لها (RO<sub>2</sub>) (Singer & Singer, 1963, p. 527)

Mono and divalent		Trivalent	Tetravalent	Pentavalent	Other anions
Al-Li <sub>2</sub> O	IIA- BeO	III- B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	VI- SiO <sub>2</sub>	V- P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F <sub>2</sub>
K <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	GeO <sub>2</sub>	VA- V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
Rb <sub>2</sub> O	CaO	VIA-Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	IIIA- CeO <sub>2</sub>	VB- As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
Cs <sub>2</sub> O	SrO	VIII- Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	IVA- TiO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	BaO	VB- As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>		
	VIII- FeO	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	IVB- SnO <sub>2</sub>		
	CoO	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
	NiO				
	IIIB- ZnO				
	CdO				
	IIIB- PbO				

جدول (1-1) طريقة سيكر المعدلة لتوزيع الاكاسيد بحسب الاعداد تأكسدية وموقعها في الجدول الدوري. عدلت نظرية سيكر عدة مرات والتعديلات مستمرة في المراكز البحثية والجامعات وذلك لقصورها كونها تتمتع بقبول دقيقة جدا في بعض مفاصلها اذ ان هذا النظام لا يعطي تفسيراً مناسباً للعلاقات بين المركبات الكيميائية ونسبها الصحيحة للوصول للنتائج المطلوبة ، ومع التطور العلمي والتكنولوجي والبرمجي والانترنت أصبح من اليسير الحصول على المعلومات الخاصة بالزجاج بواسطة برامج محوسبة متخصصة والتي تعتمد على نظام سيكر (Seger system) وهذه البرامج تُغذى بشكل دائم بمعلومات عن المركبات والخامات الطبيعية والصناعية، وان هذه البرامج قادرة على تحديد مواصفات وخصائص الزجاج المطلوب من حيث درجة الحرارة والمواصفات الفيزيائية والميكانيكية (Hamer & Hamer,2015,p.77) (Romanosog, et al.,2010,p.45-48).

الهدف من هذه الورقة البحثية أفكار مقترحة "كتعديلات" وإمكانية تطبيقها لنظرية قديمة لازالت فعالة، وذلك من خلال جهد لأكثر من (30) عام في القراءة والبحث والاطلاع على مخزون المواقع الالكترونية ودراسة نظريات حسابات الزجاج و اجراء سلاسل عديدة من التجارب، فضلا عن انه تحدى لنظرية خدمت الخزاف والكيميائي والدارسين لحوالي (130) سنة.

## 2- الإجراءات:

## 1-2- نظرية سيكر (Seger Theory):

اولا- تعتمد الية اشتغال نظرية سيكر (التجريبية) على توحيد طرف وتقارن به الأطراف الأخرى. فالقواعد (RO-R<sub>2</sub>O) دائما يكون مجموعها (واحد) والأطراف الأخرى متغيرة وذلك لتحديد خصائص الزجاج (Green, 1975, pp. 50-59) وكما يأتي:

1- تحديد درجة حرارة النضج تكون من خلال العلاقة بين (القاعدة – الحامض) فكلما ارتفعت قيمة المكافئ المولي للحامض ارتفعت درجة الحرارة وبالعكس.

RO,RO <sub>2</sub>	RO <sub>2</sub>	T°
1	2	-Low
1	3	-Medium
1	4	-High

جدول ( 1-2 ) علاقة القاعدة بالحامض لتحديد درجة الحرارة.

2- تحديد طبيعة الزجاج (الشفافية والعتمة) تكون من خلال العلاقة بين (المتعادل – الحامض) فكلما ارتفعت قيمة المكافئ المولي للحامض يصبح الزجاج أكثر شفافية وبالعكس.

R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	Transparency
1	10	-Transparent
1	7.5	-Semi
1	5	-Opaque

جدول ( 2-2 ) علاقة المتعادل بالحامض لتحديد درجة الطبيعة الفيزيائية.

ثانيا- الخطوات اللاحقة تأتي عليها من خلال نموذج لصيغة زجاج (واطئ الحرارة – شفاف).

a- واطئ الحرارة (Low) : 1-2

b- شفاف (Transparent) : 1-10

هنا يجب توضيح العلاقات بين العناصر الرئيسية التي تكون الزجاج (المجاميع الاوكسيدية) كما في الجدول(2-3) ادناه .

RO,R <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>
1	-	2
-	1	10

جدول(3-2) المكافئات المولية للمجاميع الاوكسيدية الثلاث لتحديد درجة الحرارة والشفافية.

نلاحظ ان مكافئات القواعد (1) والحامض (2) اما مكافئات المادة المتعادلة يستخرج من تقسيم عدد المكافئات المولية ل (RO<sub>2</sub>) التي تحدد درجة الحرارة على التي تحدد طبيعة الزجاج وكما في العلاقة الاتية:

$0.2=10/2:R_2O_3$  وبهذا تكون الصيغة المولية:

RO,R <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>
1	0.2	2

جدول ( 4-2) وحدات المكافئات المولية للصيغة (بحسب قاعدة سيكر).

بعد ذلك يتم تحديد الأكاسيد التي تحقق الزجاج المطلوب اعتمادا على مواصفاتها الكيميائية والحرارية :

RO,R <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>
PbO 0.6 Na <sub>2</sub> O 0.25 CaO 0.15	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.2	SiO <sub>2</sub> 1.5 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.5

جدول ( 5-2) وحدة الصيغة الجزئية للزجاج (M.F.U).

في الجدول (6-2) مثال لصيغة زجاج ذات قيم صغيرة وتصبح اصغر عند اضافة اكاسيد أخرى الى المجموع الاوكسيدية. وهذا يعني صعوبة التعامل حسابيا مع النتائج التي تكون بمرتبتين وثلاث واربع واكثر بعد الفارزة وهذا يؤدي أحيانا الى اهمال بعض الأرقام وهذا يعني خلل في النتائج (Al-Hindawi, 1997, p. 257).

RO,R <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>
CaO 0.005834 MgO 0.005259 Na <sub>2</sub> O 0.002724 K <sub>2</sub> O 0.002592 PbO 0.983589	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.527751 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.003375	SiO <sub>2</sub> 2.144796 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.000596 TiO <sub>2</sub> 0.025040
1.000	0.531	2.170

جدول ( 6-2) نموذج لصيغة زجاج ذات مكافئات صغيرة جدا.

## 2-2 مقترح التعديل الأول:

تم اجراء التعديل على الصيغة السابقة في جدول ( 4-2) بجعل مجموع القواعد (R<sub>2</sub>O,RO) رقم اكبر من (1) كأن يكون (13) وتعديل قيمة (RO<sub>2</sub> و R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) بنفس النسبة (العلاقة الرياضية ادناه) وذلك لتكون أرقام مكونات الصيغة بقيمة اكبر والإجراءات الحسابية ابسط فضلا عن إمكانية إضافة مواد حسب الحاجة كالمملونات (F<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,CuO) الى القواعد ، والمعتمات (SnO<sub>2</sub>,TiO<sub>2</sub>) الى المواد المتعادلة و(B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) الى المواد الحامضية وغيرها.

[the value according to Seger x 13] /1

RO,R <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>
13	2.6	26

جدول ( 7-2) وحدات المكافئات المولية للصيغة (بحسب التعديل).

بعد ذلك يتم تحديد الأكاسيد التي تحقق مواصفات الزجاج المطلوب اعتمادا على مواصفاتها الكيميائية بما يحقق زجاج ذو حرارة واطئة -شفاف.

RO,R <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>
PbO 7.82	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2.6	SiO <sub>2</sub> 19.5
Na <sub>2</sub> O 3.25		B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6.5
CaO 1.95		

جدول (8-2) وحدة الصيغة الجزئية للزجاج (M.F.U.) المعدلة.

مع ملاحظة إمكانية إعادة الصيغة إلى الشكل التقليدي لنظرية سيكر بتقسيم محتوى المجموع الأكسيدية على المجموع القاعدي لتصبح كما في وحدة الصيغة أدناه جدول (5-2).

وبعد تحديد المركبات التي تضم أكاسيد صيغ المكافئات المولية بحسب أوزانها الجزئية (Molecular weight) واستخراج النسب المئوية لهذه المركبات نلاحظ أن النتائج لا تختلف عما قبل التعديل وبعده ، الجدول (9-2).

Materials	Mol. Equiv.		%
	Before	After	
Lead monosilicate	0.60	7.8	52.44
Borax	0.25	3.25	28.78
Whiting	0.15	1.95	4.63
Kaolin	0.20	2.6	4.85
Flint	0.50	14.3	9.30

جدول (9-2) المكافئات المولية لمكونات خلطة الزجاج المقترحة قبل التعديل

كما في (جدول 5-2) وبعده للتعديل (جدول 8-2) والنسب المئوية لهذه المكونات.

### 3-2 مقترح التعديل الثاني :

استند التعديل الثاني إلى أن قاعدة سيكر حددت العتمة من خلال المادة المتعادلة فقط جدول (1-1) ، وهنا تظهر مشكلة ، كون العتمة يمكن أن تحدث بسبب القواعد وخاصة (الترابية الترابية) وهي من (الأكاسيد الصاهرة الضعيفة) ، (Al-Hindawi,1997,p.227) و بسبب المادة الحامضية ( السليكا). وذلك عندما تكون نسبها أعلى من نسب التوازن لخليط الزجاج السائل وعدم قدرته على استيعابها أو هضمها وتحويلها إلى سائل (Peptization) في درجة حرارة ثابتة قبل الوصول لدرجة الانصهار الكامل للخليط ، كون السائل الزجاجي محلول الأيوتكتيكي (Eutectic) تنصهر فيه المكونات التي في حالة توازن كيميائي وعند ارتفاع درجة الحرارة ينصهر الباقي (Allam,1964,p.p.53-54)، وهذا يتكون الزجاج من السائل الأيوتكتيكي و المواد

غير المنصهرة اي طورين: السائل الزجاجي (Continuous phase) والجزيئات الصلبة غير المنصهرة (Discontinuous phase). (Hindawi,2023,p.671)، (Taylor & Bull, 1986, p. 112) أي ان المادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تُستهلك كلياً في التفاعل وتحدد الكمية الناتجة وتبقى كميات من المواد غير المتفاعلة بعد انتهاء التفاعل دون استهلاك وتسمى (المتبقية او الفائضة) أي مواد عالقة في السائل الزجاجي (Suspension particles) وهذه بدورها تعمل على إعاقة الضوء واحداث العتمة (Taylor & Bull,1986,p.111) ، ولتوضيح آلية تطبيق هذا التعديل تم اعتماد (التعديل الأول) وهو تحرير الصيغة من محددات المكافئات وكما يأتي:

- نموذج زجاج (1):

زجاج واطى الحرارة (950 م°) - معتم وسبب العتمة السليكا (SiO<sub>2</sub>) ولتحقيق التعقيم تم ما يأتي:

1- نفترض الزجاج شفاف :-

RO,R <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>
1	0.2	2

جدول (10-2) المكافئات الجزيئية للزجاج الشفاف المفترض.

RO,R <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>
Na <sub>2</sub> O 0.5 K <sub>2</sub> O 0.3 PbO 0.2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.2	SiO <sub>2</sub> 2.0
1.0	0.2	SiO <sub>2</sub> 4.0 (added) = 6.0

جدول (11-2) صيغة الزجاج المعتم بعد إضافة (SiO<sub>2</sub>).

2- تم إضافة (4 وحدات SiO<sub>2</sub>) لتكون نسبة المكافئات القاعدة - الحامض (1-6)، بهذا يكون (2.0) مكافئ SiO<sub>2</sub> ضمن السائل الأيوتكتيكي و(4.0) مكافئ (SiO<sub>2</sub>) المضافة هي جزء من الفائض والمتبقي من المادة الصلبة التي تساهم في تعقيم الزجاج نتيجة وصول السائل الزجاجي الى نقطة التشبع (Al-Hindawi,1997, p.204) ، وهذه الاضافة لا تعني رفع درجة الحرارة لان رفع الحرارة يؤدي الى انصهار الفائض أي درجة الحرارة تبقى ثابتة (950م°).

Materials	M.F.	Mol. Equiv.	%
Sodium silicate	Na <sub>2</sub> O.SiO <sub>2</sub>	0.5	12.01
Potassium carbonete	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.3	8.20
Lead monosilicate	PbO.SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .2SiO <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O	0.2	11.12
Kaolin	SiO <sub>2</sub>	0.2	10.23
Flint		0.9	10.70
Quartz	SiO <sub>2</sub>	4.0	47.56

جدول ( 12-2 ) النسب المئوية للمواد المكونة لصيغة الزجاج المعتممة ب(SiO<sub>2</sub>).

- نموذج زجاج (2):

زجاج متوسط الحرارة (1080م) - معتم وسبب العتمة (CaO,MgO) .

1- نفترض الزجاج شفاف.

RO,R <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>
1	0.2	3

جدول ( 13-2 ) المكافئات الجزيئية للزجاج الشفاف المفترض.

RO,R <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>
Na <sub>2</sub> O 0.5 K <sub>2</sub> O 0.2 PbO 3.0	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.3	SiO <sub>2</sub> 4.2
MgO 0.2 (added) CaO 0.2 (added)		
= 1.4	0.42	4.2

جدول ( 14-2 ) النسب المئوية للمواد المكونة لصيغة الزجاج المعتممة ب(CaO,MgO).

2- تم إضافة (MgO, CaO) بمقدار (0.2) مكافئ لكل منهما بهذا أصبح مجموع القواعد (1.4) وتم تعديل مكافئات الصيغة المتعادلة والحامضية بالنسبة للقواعد، وسبب حدوث العتمة ان المواد المضافة ذات مقاومة للحرارة ودرجات حرارة دخولها التفاعل عالية (Hamer&Hamer,2015,p.p.47-48,223-224) (Green, 1975, p. 89) ولهذا تكون المادتين هما الفائض الصلب في السائل الايوتكتيكي مع الاخذ بالاعتبار بقاء درجة الحرارة ثابتة (1080م).



Materials	M.F.	Mol. Equiv.	%
Sodium car.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.50	10.710
Potassium car.	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.20	5.585
Lead bisilicate	PbO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	0.30	20.818
China clay	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .2SiO <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O	0.42	21.913
Flint	SiO <sub>2</sub>	2.76	33.519
Dolomite	CaCO <sub>3</sub> .MgCO <sub>3</sub>	0.2	7.452

جدول (2-15) النسب المئوية للمواد المكونة لصيغة الزجاج المعتممة بـ (MgO,CaO).

### 3- الاستنتاجات:

- 1- مَنحت التعديلات نظرية سيكر مرونة تسهل عمليات التطبيق.
- 2- اضافت التعديلات مسارات جديدة للنظرية.

## References:

1. Al-Hindawi, A. H. (1997). *The Possibility of Using Local Raw Materials to Produce Opaque Ceramic Glass, Ph.D. Thesis*. Baghdad, Iraq: University of Baghdad.
2. Al-Hindawi, A. H. (2023). Effect of partial substitution of alkaline oxides with lithium oxide (Li<sub>2</sub>O) on low-temperature ceramic glaze. *19th Scientific Conference (Aesthetics of Arts.. and Communication)* (p. 10). Baghdad: Al-Academy Journal, Collge of Fine arts, university of Baghdad. doi:DOI: 10.35560/jcofarts1254
3. Allam, A. M. (1964). *The Science of Ceramics: Glazing and Decoration, Part 2*. Cairo, Egypt: Anglo-Egyptian Library.
4. Green, D. (1975). *Understanding pottry glaze*. London, Great Britain: Faber and Faber limited.
5. Hamer, F. (1975). *The Potter's Dictionary of Materials and Techniques*. New York, USA.
6. Hamer, F., & Hamer, J. (2015). *The Potter's Dictionary of Materials and Techniques*. London: An imprint of Bloomsbury Publishing Plc.
7. Mellor, J. (1937). ,Anote on the molcular of clays and glazes. *Trans. cer. soc.*,36,8.
8. Romanosoglou, C., Alexandridis, T., Tsapoga, M., Papaioannoy, E., & Karadimas, N. (2010). Glaze calculation software based on the seger method with recipe mixing utilities, formulas and toxicity measurements. *Conference: Proceedings of the 9th WSEAS international conference on Software engineering, parallel and distributed systems*, (p. 5). doi:DOI: 10.13140/2.1.1409.8249
9. Singer, F., & Singer, S. (1963). *Industrial Ceramic*. New York, USA: Chemical Publishing Co.
10. Taylor, J., & Bull, A. (1986). *Ceramic Glaze Technology*. London, England: The Institute of Ceramic, Pergamon Press.
11. Zachairasen, W. H. (1932, October). THE atomic arrangment in glass. *J. Am. chem. Soc.*,54,10.