

دراسة تأثير درجة حرارة الحرق على التوصيلية الكهربائية للسيراميك

ألقت أحمد محمود، صباح أنور محمود، جاسم منصور محمود

## دراسة تأثير درجة حرارة الحرق على التوصيلية الكهربائية للسيراميك

ألقت أحمد محمود، صباح أنور محمود، جاسم منصور محمود

جامعة ديالى/كلية العلوم/ قسم الفيزياء، جامعة ديالى/كلية العلوم/ قسم الفيزياء، جامعة ديالى/كلية العلوم

### الخلاصة

تم استخدام تكنولوجيا السيراميك المتقدم في تشكيل الجسم السيراميكي حيث تم تحضير نماذج سيراميكية باستخدام كاؤولين دويخلة ومن دراسة تأثير هرم المكونات الملدنة (الرابطة، الملدنة، المزيبة) تم تحديد النسب التي سوف تضاف للكاؤولين . تم غسل الكاؤولين بالماء المقطر للتخلص من الشوائب وبعد ذلك جففت المادة بدرجة (110°C) ولمدة (24hr) للتخلص من الماء الزائد. ومن ثم تم طحن المادة باستخدام طاحونة بورسيلينة للحصول على مادة ذات حجم حبيبي صغير . ومن ثم تم اختيار حجم حبيبي مناسب باستخدام عملية النخل للحصول على الإحجام الحبيبية المناسبة حيث استخدم منخل قطره ( $D < 150 \mu m$ ). بعدها تم خلط المواد باستخدام طريقة الخلط الأنازلاقي وحضرت مجاميع ثلاث للمواد (الملدنة، الرابطة، المزيبة) بالاعتماد على الهرم الثلاثي لهذه المكونات ونسب مختلفة. وأضيف كل من هذه المجاميع بنسبة (10%) إلى (90%) من الكاؤولين وبعدها شكلت النماذج باستخدام الضغط والحرارة في آن واحد لتشكيل المكبوسات. ومن ثم حرقت النماذج لثلاث درجات حرارية (1250, 1300, 1350) درجة سيليزية وبزمن إنضاج (2hr) وسرعة ارتفاع في درجات الحرارة (2°C/min) وسرعة تبريد بعد التسخين بمعدل (5°C/min) بعدها وضعت النماذج في حاوية تجفيف مفرغة لدرجة (10-2Toor) لإغراض القياسات. تم قياس مقدار التوصيلية الكهربائية المستمرة ( $\sigma$  d.c) وذلك باستخدام جهاز (LCR meter). من خلال نتائج البحث وجد ان زيادة درجة حرارة الحرق أدت الى زيادة قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة ولكافة المجاميع.

Abstract:

In this study conventional ceramic technology used for preparing ceramic samples from dukhla kaolin, then studying the influenced of three pyramidal substances (Binder, lubricant, plasticizer) and sintering temperatures on the dielectrically properties and direct electrical conductivity measurements for ceramic bodies. The Duekhla Kaolin was washed by distilled water and dried out through (110 °c) for (24hr) in order to dispose f the waste water. The material was milled by porcelain miller out to the appropriate level of grains for the research purposes Dukhela Kaolin ( $D < 200 \mu\text{m}$ ). Three groups of samples prepared) depending on the three pyramidal substances (Binder. Plasticier, Lubricant) of variable rates. The groups consist of (90%) Dukhela Kaolin with an addition of (10%) from the three ratios of the plasticized materials, then the ceramic bodies formed by using hot pressing. Then the samples were sintered under three different temperatures ( 1250 , 1300 , 1350°C) with a maturity period of (2hr) an elevation speed of (2°C /min) and a desecration speed of (5°C /min). The models were then placed an oven ( $10^{-2}$ Toor), for measuring purposes. The conclusion of this search has shown that increasing of the binder rate increased the electrical on rate of binder material increased on electrical conductivity. And increasing the sintering temperature increased the direct electrical conductivity.

١. المقدمة:

تختلف المواد العازلة عن المواد الموصلة في كونها لا تمتلك الكترونات حرة الحركة تتساب داخل المادة تحت تأثير المجال الخارجي ومن الأمثلة على هذه المواد الزجاج والبوليمرات والورق والشمع [1] ، فالمجال الكهربائي يؤثر في ايونات وذرات المادة العازلة التي هي عبارة عن شحنات سالبة وشحنات موجبة حيث يحدث اختلال في حالة توازن الشحنات السالبة بالاتجاه المعاكس مكونة ثنائي قطب كهربائي وهذه الإزاحة هي صغيرة جدا قياسا الى الإبعاد الذرية للمادة حيث أنها لا تزيد عن ( $10^{-5} \text{ \AA}$ ) ويقال عن هذه المادة في هذه الحالة أنها استقطبت [2] . وتعتبر التوصيلية الكهربائية (Electrical conductivity) في المواد الموصلة عبارة عن جزيئتين الأول هو ( $\sigma$ ) (a.c) والتي لا تشبه الايصالية في المعادن وأشباه الموصلات وإنما تمثل الايصالية المتناوبة والتي هي مقياس للقدرة

دراسة تأثير درجة حرارة الحرق على التوصيلية الكهربائية للسيراميك

المفقودة عند تسليط مجال متناوب عبر العازل وهي ليست مقياس لكمية الشحنات والتي يمكن ان تنتقل خلال المادة من قطب إلى آخر، أي ان التوصيلية المتناوبة في العازل هي مقياس للحرارة التي تتولد نتيجة دوران الدايبولات في مواضعها أو اهتزاز الشحنات بتغير اتجاه المجال المتناوب، لذلك فهي تعتمد على التردد وأيضا (ε Dielectrically ) (tangent loss) الذي يعتمد على التردد أيضا. أما الايصالية المستمرة (σ d.c) فهي ناشئة عن التيار المستمر وتكاد لا تتغير مع التردد وهي واطئة جدا في المواد العازلة [3].

٢. الجزء النظري:

التوصيلية الكهربائية المستمرة (Direct electrical conductivity) :-

عند تسليط فرق جهد معين بين طرفي مادة عازلة فإن التيار (IL) سيمر خلال تلك المادة العازلة ويسمى تيار التسرب (Leakage Current) وهو على نوعين مختلفين بالاعتماد على نوع المقاومة في المادة العازلة وهما [4]:

١. المقاومة الحجمية:- هي مقاومة المادة العازلة لتيارات التسرب التي تسري عبر حجم المادة العازلة.

٢. المقاومة السطحية:- هي مقاومة المادة العازلة لتيارات التسرب التي تسري على سطح المادة العازلة والتي تختلف

قيمتها عن التيارات التي تسري داخل الحجم وتأتي هذه التيارات بسبب الرطوبة والشوائب على السطح.

وأن مقدار التيار المار في المادة العازلة:-

$$I_L = (R_v R_s / V) \dots \dots (1)$$

حيث ان :-

RS :Rv :المقاومة الحجمية والمقاومة السطحية للمادة العازلة على التوالي

V: فرق الجهد المسلط.

وترتبط المقاومة الحجمية للمادة العازلة مع أبعاد المادة العازلة من خلال المعادلة الآتية :-

$$R_v = \rho_v d / A \dots \dots (2)$$

حيث أن :-

ρv : المقاومة النوعية (المقاومة الكهربائية الحجمية) ، d : سمك المادة العازلة

دراسة تأثير درجة حرارة الحرق على التوصيلية الكهربائية للسيراميك

A : المساحة السطحية للمادة العازلة (الجزء الفعال).

المقاومة النوعية ( المقاومة الكهربائية الحجمية) تساوي مقلوب التوصيلية الحجمية ( $\sigma_v$ ) كما في المعادلة الآتية [٥]:-

$$\sigma_v = 1 / \rho_v \dots\dots(3)$$

### ٣. الجزء العملي: Experimental procedures

١. تحضير الجسم السيراميكي :-

تتألف نماذج البحث من ثلاث مجاميع مكونة من الكاؤولين الذي تم تنقيته من الشوائب بغمره بالماء المقطر والترشيح ومن ثم تجفيفه في مجفف كهربائي من نوع (Memmert) ألماني الصنع. وبعد ذلك تم طحنه بواسطة طاحونة يورسيلينة وتسمى هذه العملية (Ball Milling) وحدد الحجم الحبيبي بواسطة استخدام مناخل حيث استخدم منخل قطره ( $D < 200 \mu m$ ). وتم تكوين ثلاث مجاميع متألّفة من [مادة رابطة (Binder)، مادة ملدنة (Plasticizer)، ومادة مزيتة (Lubricant)] وكانت النسب المستخدمة كما مبين في الجدول رقم (١):-

جدول رقم (١): يوضح نسب المكونات (الملدنة ، الرابطة ، المزيتة).

رقم المجموعة	رقم المجموعة	المادة الرابطة	المادة الملدنة	المادة المزيتة	المادة المذيبة
		Binder	Plasticizer	Lubricant	Solvent
		Polyvinyl Butyral	Phahlic acid ester	Paraffin Wax pastillated	Xylolzul
		النسب الوزنية %	النسب الوزنية %	النسب الوزنية %	ml
١	Q1	70	٢٠	١٠	١٠٠
٢	Q2	٧٥	١٥	١٠	١٠٠
3	Q3	٨٠	١٠	١٠	١٠٠

وبعدها حضرت نماذج المجموعة (M) من إضافة (10%) من كل خلطة من خلطات المواد الملدنة الى (90%) من

الكاؤولين ( $D < 200 \mu m$ ) كما مبين في الجدول رقم

## دراسة تأثير درجة حرارة الحرق على التوصيلية الكهربائية للسيراميك

جدول رقم (٢): يوضح النسب المستخدمة في تشكيل المجاميع (X1,X2,X3) .

رقم المجموعة	رمز المجموعة	خليط المواد المدنة		كاؤولين دويخلة	
		رمز الخلطة	النسبة الوزنية (%)	النسبة الوزنية (%)	مدى الحجم الحبيبي $\mu\text{m}$
١	X1	Q1	١٠	٩٠	٢٠٠
٢	X2	Q2	١٠	٩٠	٢٠٠
3	X3	Q3	١٠	٩٠	٢٠٠

وتم استخدام طريقة الخلط الأنازلافي ومن ثم شكلت النماذج باستخدام طريقة الكبس الحار حيث استخدم مكبس كهربائي وقالب فولاذي اسطواني الشكل وتم استخدام ضغط وحرارة في آن واحد وذلك حيث تم لف هيتز شريطي حول القالب ولف حول الهيتز والقالب عازل حراري للحد من تسرب الحرارة ، واستخدم ضغط مقداره (70Mpa) ووقت تشكيل (5min) . ومن ثم تم حرق النماذج بثلاث درجات حرارية (1250 oc , 1300 oc , 1350 oc) باستخدام فرن حرق كهربائي نوع (Naber Therm) صنع ألمانيا الغربية. وبعدها أخرجت النماذج بعد إن تم تركها داخل الفرن لتتخفف درجة حرارة الى (40 oc) ، ومن ثم وضعت النماذج في حاوية تجفيف مفرغة لدرجة (10-2Toor) لإغراض القياس.

٢. قياس التوصيلية الكهربائيةDirect electrical conductivity measurements:

تم قياس التوصيلية الكهربائية المستمرة للمتسعات السيراميكية المصنعة المتمثلة بالمجاميع (X1,X2,X3) والمحروقة بثلاث درجات حرارية (1250 oc , 1300 oc , 1350oc) ولمدة (2hr) باستخدام جهاز كهربائي (Keithly 616 digital electrometer) حيث تم إجراء القياسات الكهربائية حيث تم فحصه وتدقيقه باستخدام عدة مقاومات مختلفة القيم ، ويقوم الجهاز باظهار قيمة المقاومة (R) على الشاشة الالكترونية وتم استخدام المعادلة رقم (٣) لأيجاد قيمة التوصيلية الكهربائية . علما ان جميع القياسات تمت في درجة حرارة الغرفة (R.T) وتوضح الجداول رقم (٣)،(٤)،(٥). قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة للمجاميع (X1,X2,X3) المحروقة بالدرجات الحرارية اعلاه:-

## دراسة تأثير درجة حرارة الحرق على التوصيلية الكهربائية للسيراميك

جدول رقم (٣): يوضح قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة للمجموعة (X1) المحروقة بدرجات ( , 1300°C , 1250°C )

(1350 °C)

Frequency (MHz)	D.C Conductivity At (1250 °c)	D.C Conductivity At (1300 °c)	D.C Conductivity At (1350 °c)
1.50*10 <sup>5</sup>	115*10 <sup>-9</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٨٥	*10 <sup>-9</sup> ٧٨
2.25*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ١٩٦	*10 <sup>-9</sup> ١٤٤	*10 <sup>-9</sup> ١٣٥
3.00*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٣١٢	*10 <sup>-9</sup> ٢٣٧	*10 <sup>-9</sup> ٢١٥
3.75*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٤٣٦	*10 <sup>-9</sup> ٤١٣	*10 <sup>-9</sup> ٣٠٤
4.50*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٦٤٧	*10 <sup>-9</sup> ٤٤٣	*10 <sup>-9</sup> ٤٠٠
5.25*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٧٦٤	*10 <sup>-9</sup> ٥١٨	*10 <sup>-9</sup> ٤٤٣
6.00*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٨٨٥	*10 <sup>-9</sup> ٦٢٨	*10 <sup>-9</sup> ٥٥٥
6.75*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ١١١٥	*10 <sup>-9</sup> ٧١٩	*10 <sup>-9</sup> ٦٥١
7.50*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ١٧٠٨	*10 <sup>-9</sup> ٩٠٢	*10 <sup>-9</sup> ٧٥٦
8.25*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ١٨٥٢	*10 <sup>-9</sup> ١٠١١	*10 <sup>-9</sup> ٨٣٢
9.00*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ١٩٨٤	*10 <sup>-9</sup> ١١١٦	*10 <sup>-9</sup> ٩٥٤
9.75*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٢٤٣٣	*10 <sup>-9</sup> ١٣٢٣	*10 <sup>-9</sup> ١٣١٦

جدول رقم (٤): يوضح قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة للمجموعة (X2) المحروقة بدرجات ( , 1300°C , 1250°C )

(1350 °C)

Frequency (MHz)	D.C Conductivity At (1250 °c)	D.C Conductivity At (1300 °c)	D.C Conductivity At (1350 °c)
1.50*10 <sup>5</sup>	114*10 <sup>-9</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٨١	*10 <sup>-9</sup> ٦٦
2.25*10 <sup>5</sup>	150*10 <sup>-9</sup>	*10 <sup>-9</sup> ١٢٢	*10 <sup>-9</sup> ١١٤
3.00*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٢٨١	*10 <sup>-9</sup> ١٩٧	*10 <sup>-9</sup> ١٧٦
3.75*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٣٦٧	*10 <sup>-9</sup> ٢٥٨	*10 <sup>-9</sup> ٢١٣
4.50*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٤٧٢	*10 <sup>-9</sup> ٣٢٢	*10 <sup>-9</sup> ٢٦٩
5.25*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٦٥٤	*10 <sup>-9</sup> ٤١٦	*10 <sup>-9</sup> ٣٥٧
6.00*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ٧٣٤	*10 <sup>-9</sup> ٥٧٦	*10 <sup>-9</sup> ٤٧٤
6.75*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ١٠٠٨	*10 <sup>-9</sup> ٦٨٦	*10 <sup>-9</sup> ٥٤٨
7.50*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ١١٢٤	*10 <sup>-9</sup> ٨٢٩	*10 <sup>-9</sup> ٦٣٧
8.25*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ١٢٥٢	*10 <sup>-9</sup> ٨٧٥	*10 <sup>-9</sup> ٦٩٦
9.00*10 <sup>5</sup>	*10 <sup>-9</sup> ١٤٧١	*10 <sup>-9</sup> ١٠٥٤	*10 <sup>-9</sup> ٨١٣

## دراسة تأثير درجة حرارة الحرق على التوصيلية الكهربائية للسيراميك

$9.75*10^5$	$*10^{-9}1837$	$*10^{-9}1182$	$*10^{-9}936$
-------------	----------------	----------------	---------------

جدول رقم (٥): يوضح قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة للمجموعة (X3) المحروقة بدرجات ( , 1300°C , 1250°C

(1350°C

Frequency (MHz)	D.C Conductivity At (1250 °c)	D.C Conductivity At (1300 °c)	D.C Conductivity At (1350 °c)
$1.50*10^5$	$71*10^{-9}$	$65*10^{-9}$	$*10^{-9}00$
$2.25*10^5$	$*10^{-9}126$	$112*10^{-9}$	$*10^{-9}90$
$3.00*10^5$	$*10^{-9}203$	$182*10^{-9}$	$*10^{-9}149$
$3.75*10^5$	$*10^{-9}318$	$*10^{-9}203$	$*10^{-9}169$
$4.50*10^5$	$*10^{-9}379$	$318*10^{-9}$	$*10^{-9}209$
$5.25*10^5$	$*10^{-9}400$	$403*10^{-9}$	$*10^{-9}336$
$6.00*10^5$	$*10^{-9}617$	$534*10^{-9}$	$*10^{-9}406$
$6.75*10^5$	$*10^{-9}700$	$649*10^{-9}$	$*10^{-9}480$
$7.50*10^5$	$*10^{-9}789$	$788*10^{-9}$	$*10^{-9}570$
$8.25*10^5$	$*10^{-9}919$	$863*10^{-9}$	$*10^{-9}637$
$9.00*10^5$	$*10^{-9}1182$	$1003*10^{-9}$	$*10^{-9}744$
$9.75*10^5$	$*10^{-9}1287$	$*10^{-9}1077$	$*10^{-9}871$

### ٣. النتائج والمناقشة :

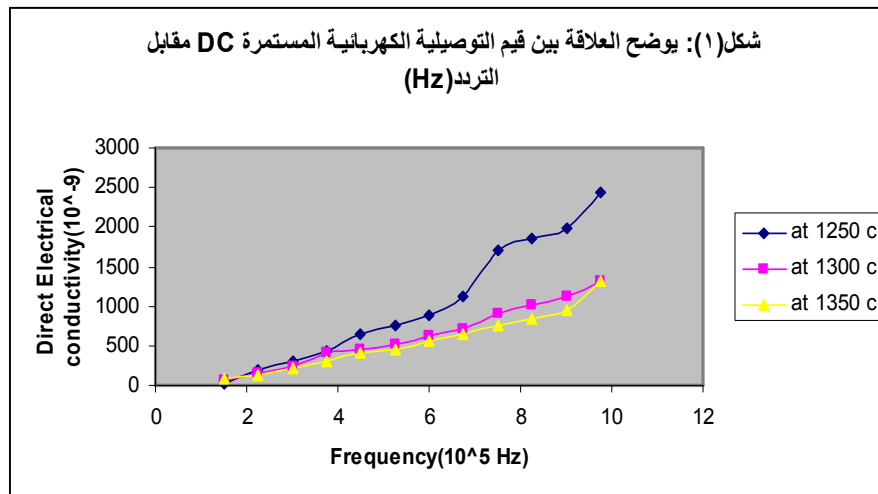
#### The Result and Discussion:-

تظهر النتائج من الجداول رقم (٣)،(٤)،(٥) والإشكال رقم (١)،(٢)،(٣)، أن قيمة التوصيلية الكهربائية المستمرة تزداد بشكل ملحوظ عند زيادة نسبة المادة الرابطة ولكافة المجاميع. كما إن زيادة درجة حرارة الحرق ضمن المدى الحراري (1250°C-1350°C) أدت إلى زيادة قيمة التوصيلية الكهربائية للنموذج السيراميكي المشكل وبثلاث إضافات ويعزى سبب ذلك إلى إن زيادة درجة الحرارة أدت إلى تقليل قيمة المقاومة الكهربائية للعازل وفي درجات الحرارة العالية تكون هنالك علاقة وثيقة بين متغيرات العازل ودرجة الحرارة [٦]. وكذلك تأتي هذه الزيادة إلى زيادة في قيمة تيار التوصيل المار في العازل والتيار الممتص من العازل مما يؤدي إلى زيادة التوصيلية المستمرة عند زيادة درجة الحرارة [٧]. وان هذه التوصيلية هي التي تعبر عن توصيلية المادة للتيار المستمر وتكاد لا تتغير مع التردد [٨].

## دراسة تأثير درجة حرارة الحرق على التوصيلية الكهربائية للسراميك

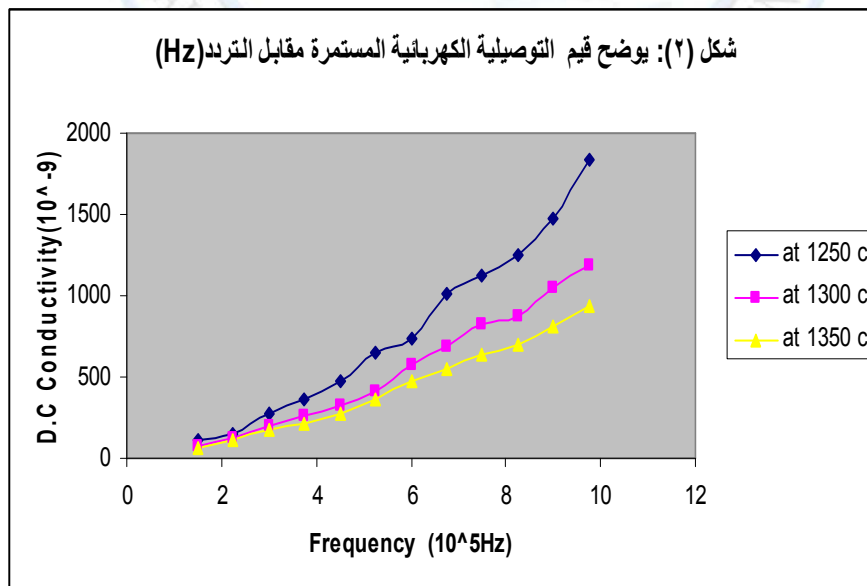
ونلاحظ من خلال الجدول (٣) والشكل (٣) أن أفضل قيم التوصيلية الكهربائية تعود إلى المجموعة 80%B+10%P [

] ، وأن هذه الزيادة نشأت عن تزايد الكترولونات التوصيل في المادة العازلة أكثر من الزيادة في اهتزاز الذرات [٩].



شكل رقم (١): يوضح العلاقة بين قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة مقابل قيم التردد (Hz) للمجموعة (X1) المحروقة

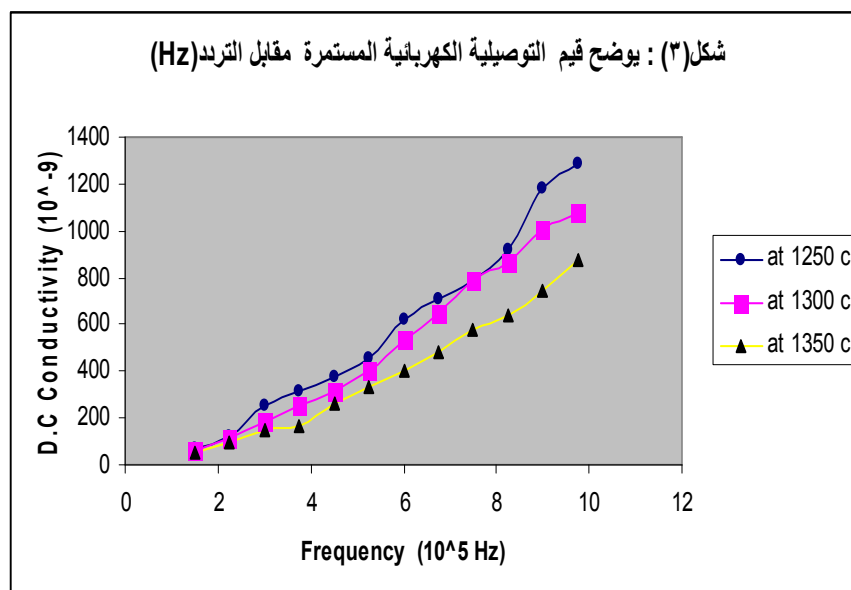
بدرجات (1250°C, 1300°C, 1350°C)





دراسة تأثير درجة حرارة الحرق على التوصيلية الكهربائية للسيراميك

شكل رقم (2): يوضح العلاقة بين قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة مقابل قيم التردد (Hz) للمجموعة (X2) المحروقة بدرجات (1250°C , 1300°C , 1350°C).



شكل رقم (3): يوضح العلاقة بين قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة مقابل قيم التردد (Hz) للمجموعة (X3) المحروقة بدرجات (1250°C , 1300°C , 1350°C).

#### 4. References:

1. W-D.Kingery, H.K.Bowen, D.R.ublmann, "Introduction to ceramic", 2nd edition Wiley New York (1976).
2. J.R.Phillips, "Piezoelectric technology primer", Sr.member of technical staff, CTS Wireless Components , 4800 Alameda Blvd.N.E., Albuquerque, New Mexico (2000).
3. H.J.Wintle, "Basic physics of insulators", IEEE transactions on electrical insulation, 25 [1]27, (1990).

- 4.P.J.Harrop,"Dielectrical", Batter Worths,London,(1972).
- 5.Clifford P.Ballard,"Powder injection moulding", ceramic Technology For Based manufacturing NTS T,ATP,No.93,(2001).
- 6.F.M.Clarck,"Insulating material for Design and Engineering practices". Byjohn Wiley & Sons,Inc,(1985).
- 7.BLumethal,R.N.and Seliz M.A,"Experimental Techniques Electrical conductivity in ceramic and Glass", part(A),(N.MTallened),Marcel Decker Inc., New York,(1989).
- 8.R.Babbitt et.al,"Dielectrical strength studies of the Ferroelectric Solid Solution", J.Am.Ceram,Soc.,(2001).
9. Kinaery,W.D.,"Introduction to ceramic",John Wiley and sons,New York,(1976).