

تحسين المتطلبات الهندسية للباريوم فرايت كمادة ماصة للموجات الرادارية

د. محمد حمزة المعموري* ، د. فاضل عطية جبار** و عماد علي الحيدري*

تاريخ التسلم : 2009/5/5

تاريخ القبول: 2009/12/3

الخلاصة

يتضمن البحث محاولة لمعالجة بعض خواص الباريوم فرايت التي تقف عقبة في طريق استخدامه كمادة ماصة للموجات الرادارية ، والتي تتمثل بارتفاع كلفة استخدامه ورداءة خواصه الميكانيكية وثقل وزنه، وذلك عن طريق تحضير مادة مترابطة جديدة اساسها من الكاؤولين وحشوها من الباريوم فرايت. وقد تبين انه بالامكان تحسين الخواص الميكانيكية للباريوم فرايت بشكل كبير جداً، وتقليل الوزن المستخدم منه بنسبة (49%) تقريباً عن طريق تحضير مادة تحتوي على (5%) و (15%) من الباريوم فرايت مع متمماتها من الكاؤولين وذلك بتشكيلها بضغط مقداره (69.4) ميكاباسكال) وتليدها بدرجة حرارة (1150°م) لمدة ساعتين بمعدل تسخين وتبريد منخفضين هما (2) و (3 م/ دقيقة) على التوالي ، وتمتلك المادة الناتجة من النسبة الاولى معامل انعكاس مقداره (0.224) عند تردد قدره (10.8 كيكاهيرتز) وسمك (2 ملم) ، ومن النسبة الثانية معامل انعكاس مقداره (0.093) عند تردد قدره (10.4 كيكاهيرتز) وسمك (2 ملم)، وبذلك يتم خفض كلفة استخدام الباريوم فرايت بنسبة تصل الى حوالي (75%).

Engineering Requirement Development of Barium Ferrite as Absorbent Radar Waves Material

Abstract

This research is a treatment trying of the Barium ferrite properties which obstacle the using its as an absorbent materials for Radar waves. These obstacles are the high cost, bad mechanical properties and heavy weight, The solution is preparing a new composite material , its matrix is the kaolin and filled by Barium ferrite. 5% and 15% of barium ferrite have enhanced the mechanical properties of prepared a samples pressed at 69.4 Mpa and sintered at 1150 C° for two hours and 2°C/min. and 3°C/min as a heating and cooling rates respectively. The first percentage has a (0.224) reflective index for 0.8 GHz and 2mm thickness and (0.093) for 10.4 GHz and 2mm thickness.

Keywords : kaolin , Barium ferrite , Radar waves Reflective index .

* كلية الهندسة ، جامعة بابل / بابل

** قسم هندسة المواد ، الجامعة التكنولوجية / بغداد

المقدمة

يستند استخدام الباريوم فرايت في امتصاص الموجات الرادارية الى قابليته على تبديد جزء من طاقة المجالات الكهرومغناطيسية المارة من خلاله والخوض في آلية الامتصاص، والعلاقات التي تحكمها، والعوامل المؤثرة فيها خارج عن نطاق هذا البحث ، والمهم هنا أن يعلم ان المواد الماصة للموجات الرادارية تقسم تبعاً لآلية امتصاصها الى قسمين رئيسيين [1]:

القسم الاول: المواد الماصة العازلة.
القسم الثاني: المواد الماصة المغناطيسية.

في القسم الاول تحدد قيمة الجزء الخيالي من السماحية الكهربائية (μ) قابلية المادة على امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية، اذ انها تحدد قابليتها على تبديد طاقة تلك الموجات على شكل حرارة تتولد داخل المادة العازلة.

وفي القسم الثاني تحدد قيمة الجزء الخيالي من النفاذية المغناطيسية (μ) قابلية المادة على امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية، حيث تحدد مقدار الطاقة التي تستهلكها المادة في تدوير الحقول، هذا وتجمع مركبات الفرايت بين آليتي الامتصاص لكل من القسمين، لانها تمتلك خواصاً عزلية بالإضافة الى اخواصها المغناطيسية ، مع ذلك تصنف مركبات الفرايت ضمن مواد القسم الثاني بملاحظة آلية الامتصاص الرئيسية فيها [2-5].

هناك مجموعة من المتطلبات التي لابد ان تتوفر في المادة الماصة للموجات الرادارية بالإضافة الى قابليتها على الامتصاص هي:

1. ان تكون المادة ذات كثافة منخفضة قدر الامكان.
2. ان تؤدي المادة عملها بكفاءة عالية باقل سمك ممكن.

3. ان تكون المادة ذات مقاومة ميكانيكية عالية (صلادة، مقاومة خضوع،...الخ).
4. ان تكون خواص المادة مستقرة في درجات الحرارة المرتفعة.
5. ان تكون المادة مقاومة للتآكل في الظروف الجوية.
6. الا تكون سبباً في تآكل المنشأ الذي تقوم بحمايته.
7. ان تؤدي عملها بكفاءة ضمن مدى معقول من الترددات.
8. ان تكون المادة سهلة التصنيع والتطبيق ، واقتصادية بقدر مناسب. [6-8].

الجزء العملي

يمكن تقسيم العمل في هذا البحث الى مرحلتين هما: مرحلة تحضير العينات ومرحلة اجراء الفحوصات ، وفيما يلي عرض لكل واحدة منهما:

مرحلة تحضير العينات

لقد وقع الاختيار على النسب التالية من الباريوم فرايت لتضاف الى متماتها من الكاؤولين ، وهي:

((2% ، 5% ، 15% ، 25% ، 35% ، 45%))

وتم اختيار النسب بهذا الشكل لمعرفة مدى واسع من تأثير الباريوم فرايت على خواص الكاؤولين الهندسية، ولم تستخدم نسب أعلى من ذلك لئلا تفقد الدراسة الجدوى الاقتصادية المرجوة منه، والحققت بهذه النسب نسبتان اخريان تمثل احدهما الكاؤولين منفرداً ، والاخرى الباريوم فرايت كذلك، وذلك لتحديد خواصهما في ضوء الظروف الخاصة بهذه الدراسة، مما يسهم كثيراً في تفسير خواص العينات الاخرى المعرضة الى نفس تلك الظروف.

مزجت النسب المذكورة بعد وزن مكوناتها بدقة - مزجاً رطباً باستخدام الماء المقطر بنسبة وزنية مقدارها (3:1) بواسطة خلاط كهربائية لمدة ثلاث ساعات،

مرحلة اجراء الفحوصات

الفحوصات الميكانيكية

تم اجراء فحوصين من الفحوصات الميكانيكية، هما فحص الصلادة (Hardness test)، وفحص مقاومة الانحناء (Bending test)، وكما يلي:

1. فحص الصلادة

تم فحص صلادة روكويل (15T) باستخدام جهاز (Wilson/ Rockwell hardness tester series 500) بحمل تمهيدي (Preliminary load) مقداره ثلاثة كيلو غرامات، وحمل رئيسي (Major load) قدره (15 كغم)، وسلطت الاحمال على العينات بواسطة كرة من الفولاذ قطرها (1: 6.3 سم)، واخذت ارقام الصلادة المقاسة مباشرة من الجهاز.

2. فحص مقاومة الانحناء

تم فحص مقاومة الانحناء باستخدام جهاز (FHF₂₀, Japan Shimadzu serovpulser machine model)، حيث ثبتت عينة بأبعاد (3.175 × 1.27 × 0.635 سم) من الطرفين، وسلط عليها الحمل تدريجياً في نقطة المنتصف الى ان حصل الكسر، وسجل مقدار القوة المسببة للكسر من الحاسبة الآلية المربوطة مع الجهاز، وتم حساب الاجهاد اللازم للكسر من المعادلة التالية:

$$\sigma = (3 PL) / (wt^2)$$

حيث: σ الاجهاد اللازم للكسر، P القوة عند الكسر، L الطول الفعال للعينة، w عرض العينة، t سمك العينة.

تم فحص امتصاص العينات للموجات الرادارية باستخدام جهاز (8510C Net work analyzer) وذلك بوضع عينة بأبعاد (2 × 12 × 2 ملم) في مكان مخصص لذلك حيث يتم تعريضها للموجة الرادارية بمدى تردد (8 - 12) × 10¹² هيرتز، وتسجل قيمة النقصان في طاقة الانعكاس (Reflection energy, [R])

بعدها جففت العجينة الناتجة بدرجة (105°م)، ثم فتت يدوياً، وأضيفت اليها مادة البولي فينل الكحول (P.V.A) بنسبة (1.5%) مع كمية قليلة من المادة (2%) للحصول على مكبوسة متينة ومتجانسة، ومزج الخليط مزجاً جيداً.

شكلت العينات بكبسها في قالب فولاذي باستخدام مكبس هيدروليكي بضغط (69.392 ميكاباسكال) ووضعت المكبوسات الناتجة في حاويات من الألومينا في فرن تجفيف بدرجة (105°م) للتخلص من الرطوبة قبل عملية التليد لتفادي تكون الشقوق والفجوات.

تم اختيار درجة حرارة التليد بشكل يضمن عدم تكون طور جديد من تفاعل الباريوم فرايت مع الكاولين، وذلك لتفادي فقدان خواص الباريوم فرايت المرغوب فيها، وتم ذلك بأخذ نموذج من احدى النسب (25%) واجراء فحص التحليل الحراري التفاضلي له (Differential thermal analysis, DTA)؛ لملاحظة الدرجة التي يحدث عندها التفاعل فيتم اجتنابها.

بناءً على نتائج هذا الفحص تم تليد نموذج بنسبة (25%) بدرجة (950°م) الا ان ذلك لم يعط متانة مقبولة للنموذج، وعليه عمد الى زيادة درجة حرارة التليد تدريجياً لحين الحصول على جسم سيراميكي بمتانة جيدة عند درجة (1150°م) واجري له فحص حيود الاشعة السينية للتأكد من عدم حدوث أي تغير في بنيته بسبب رفع درجة حرارة التليد، وقد اوضح الاخير ان النموذج مكون من المولاييت والسليكا والباريوم فرايت، وعليه تم وضع العينات في حاويات من الألومينا ولبدت وفق الدورة الحرارية (المخطط رقم 1)

فرايت اليه والتي يمكن تحسبها من مخططات حيود الاشعة السينية.

ثانياً: وجود تعرجات على طول المنحني تمثل تذبذباً في قيم اجهاد الكسر، وهذا يعود الى تأثير المسامية على المقاومة الميكانيكية للمواد السيراميكية، اذ ان قيم اجهاد الكسر تزداد بانخفاض المسامية وبالعكس -انظر الجدول (1) -.

نتائج فحص امتصاص الموجات الرادارية

الاشكال (3) الى (10) تبين امتصاصية العينات المحضرة للموجات الرادارية، ويمكن ان يلاحظ منها ما يلي: اولاً: يمتلك الباريوم فرايت المحضر القابلية على تقليل طاقة انعكاس الموجة الرادارية بمقدار (34.5 ديسيبيلا) عند التردد (8.84 كيكاهيرتز) بسمك (2 ملم) ، وهذا يتفق مع الحسابات النموذجية لامتصاصية المواد المغناطيسية للموجات الرادارية حيث توضح ان المادة المغناطيسية الجيدة تمتلك القابلية على تقليل طاقة الانعكاس بمقدار (35 ديسيبيلا) عندما تكون بسمك (2.1) [3] ، ويعد هذا مؤشراً على كفاءة المادة المحضرة محلياً.

ثانياً: تمتلك العينة بنسبة (15%) باريوم فرايت افضل امتصاصية من بين العينات المحضرة من المادة المركبة، حيث تبلغ قيمة النقصان في طاقة الانعكاس لها (20.6 ديسيبيلا) عند التردد (10.4 كيكاهيرتز) ، وهذه القيمة وان كانت اقل منها للباريوم فرايت الا انها تعتبر قيمة مرتفعة جداً من ناحية توهين الموجة الرادارية - كما يظهر من الجدول (2) - ، هذا من جهة ومن جهة اخرى فانها تفوق عينة الباريوم فرايت بالمتطلبات الاخرى كخفة الوزن اذ تبلغ كثافتها بحدود (75%) من كثافة الباريوم فرايت، والمقاومة الميكانيكية بمعناها العام، وانخفاض الكلفة بنسبة تقرب من (85%)، وكون ذروة امتصاصها تقع في تردد اعلى منه للباريوم فرايت.

عند كل تردد بعدها يتم حساب معامل الانعكاس (R) (Reflection coefficient, R)

من العلاقة التالية: [7] [9] [10]

$$[R] = 20 \log_{10} R$$

النتائج والمناقشة

نتائج الفحوصات الميكانيكية

تضمنت الفحوصات الميكانيكية فحصي الصلادة ومقاومة الانحناء، وفيما يلي عرض لنتائج كل واحد منهما:

نتيجة فحص الصلادة

الشكل (1) يمثل ارقام صلادة روكويل (15T) للعينات المحضرة، ويمكن ان يلاحظ منه ما يلي: اولاً: ان جميع ارقام الصلادة للعينات المفحوصة تفوق التسعين ، وهذه القيم تعد مرتفعة جداً عند مقارنتها مع صلادة الباريوم فرايت التي كانت صفراً وفق مقياس الصلادة المستخدم.

ثانياً: وجود ارتفاعات وانخفاضات في قيم ارقام صلادة الكاؤولين مع زيادة نسبة الباريوم فرايت المضافة اليه، ويمكن ان يفهم هذا السلوك بمقارنة المخطط اعلاه مع جدول المسامية الظاهرية رقم (1)، حيث يظهر منهما ان الصلادة تزداد بنقصان المسامية وبالعكس، وهذا امر طبيعي، اذا ان المسامات تمثل مناطق خالية من المقاومة الميكانيكية.

نتيجة فحص مقاومة الانحناء

الشكل (2) يمثل نتائج فحص مقاومة الانحناء، ويمكن ان يلاحظ منه ما يلي:

اولاً: بصورة عامة تزداد قيمة اجهاد الكسر للكاؤولين بزيادة نسبة الباريوم فرايت المضافة اليه بالرغم من انخفاض قيمة اجهاد الكسر للباريوم فرايت (17.68 ميكاباسكال) مقارنة بها للكاؤولين (60.86 ميكاباسكال)، ويمكن ان يعزى ذلك الى تكون طور بيني ذي مقاومة عالية، او ان هذه الزيادة تعود الى التشوهات الحاصلة في بنية الكاؤولين بفعل اضافة الباريوم

(0.093) عند تردد قدره (10.4 كيكاهيرتز) وسماك (2 ملم) محققة بذلك انخفاضاً في كلفة استخدام الباريوم فرايت يصل الى حوالي (75%). وان مجال استخدام المادة المحضرة يكون صعباً لاختفاء الاهداف المتحركة لزيادة نسبة الكاؤلين التي تتميز بهشاشتها وانخفاض قابلية التقاصها. بل يفضل استخدامها لاختفاء الاهداف الثابتة اكثر وفي كل الاحوال فان تأثير العوامل المناخية على هكذا مادة يكون عالياً.

المصادر

- [1]: Henning F. Harmth, (1985), Use of ferrites for absorption of electromagnetic waves, IEEE Transactions on electromagnetic compitility, Vol. EMC-27, No.2, PP 100-102.
- [2]: Ernest R. Freeman, (197...), Interference suppression techniques for microwave antennas and transmitters, Artech house.
- [3]: S.M. Ali, "Preparation and evaluation of ferrite materials in the microwaves applications", Applied Science Department, University of Technology, 2000.
- [4]: Vinoy K. J. and Jha R. M., 1996, Radar absorbing materials from theory to design and characterization, Kluwer academic publishers, page. 176.
- [5]: Eugene F. Knott, John F. Shaeffer and Michael T. Tuley, 1985, Radar cross section its predication, measurement and reduction, Book-martpress, page 367.
- [6]: ASTM Standard B312-64.

ثالثاً: تمتلك العينة بنسبة (5%) افضل امتصاصية بعد النسبة (15%)، حيث تبلغ قيمة النقصان في طاقة الانعكاس لها (13) ديسيبيلا) عند تردد (10.8 كيكاهيرتز)، وهي بذلك تنافس الكثير من المواد الماصة للموجات الراديوية التي تعمل بألية الخسارة بالعزل الكهربائي خصوصاً عند ملاحظة انخفاض كلفتها، وخواصها الميكانيكية الجيدة، ومقاومتها الحرارية العالية.

يظهر من الجدول رقم (2) ان القيمة القصوى للنقصان في طاقة الانعكاس لجميع العينات المحضرة تكون عند تردد اعلى من تردد هذه القيمة للباريوم فرايت، وفي الوقت نفسه تختلف تلك القيم فيما بينها وهذا يعني امكانية الحصول على مادة ذات امتصاصية عالية لمدى تردد واسع، وذلك من خلال تحضير مادة متراكبة طبقية تمثل كل طبقة منها احدى العينات المختارة.

والجدير بالذكر هنا انه لم يتسن تحليل نتائج امتصاص الموجات الراديوية في ضوء الخواص الكهربائية والمغناطيسية لعدم التمكن من التعرف على هذه الخواص عند الترددات التي تم فحص الامتصاصية عندها وذلك لعدم توفر الاجهزة الخاصة بذلك.

وعلى اية حال يمكن القول - بصورة عامة - ان الزيادة في امتصاصية العينة للموجة الراديوية تكون بسبب زيادة عامل الفقدان المغناطيسي والكهربائي ، والعكس صحيح، كما ان الاختلاف في امتصاصية العينة الواحدة لمدى التردد المستخدم يعود الى تأثير خواص المادة المتمثلة بالسماحية الكهربائية والنفاذية المغناطيسية بتردد الموجة الساقطة عليها.

الاستنتاجات

يمكن الحصول على مادة سهلة التصنيع ذات خواص ميكانيكية جيدة وكثافة منخفضة -مقارنة بالباريوم فرايت - مكونة من (85%) كاؤولين و (15%) باريوم فرايت تمتلك معامل انعكاس مقداره

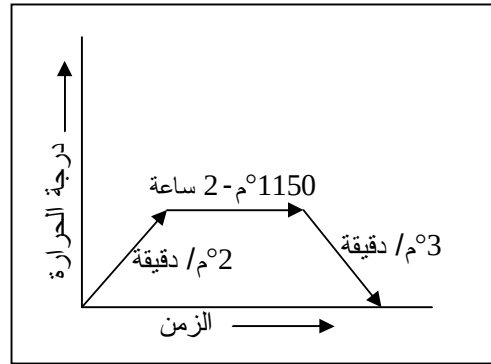
- and lead zirconate titanate', Appl. Phys. Lett. Vol 89, p152508, 2006.
- [10] G. Srinivasan and Y.K Fetisov, "Ferrite-Piezoelectric Layered Structures: Microwave Magnetolectric Effects and Electric Field Tunable Devices", Ferroelectrics, Vol 65, p342, 2006.
- [7] Satoshi sugimoto and others, 1999, Compositional dependence of the electromagnetic wave absorption properties of $\text{BaFe}_{12-x-y}\text{Ti}_x\text{Mn}_y\text{O}_{19}$ in GHz frequency range, Materials transaction , Jim, Vol.9, PP887-890.
- [8] Jiu Rong Liu, Masahiro Itoh, and Ken-ichi Machida, "Magnetic and electromagnetic wave absorption properties of -Fe/Z-type Ba-ferrite nanocomposite", Appl. Phys. Lett. Vol 88, p062503, 2006.
- [9] G. Srinivasan, I. V. Zavislyak, and A. S. Tatarenko, "Millimeter-wave magnetolectric effects in bilayers of barium hexaferrite

الجدول (1) نتائج المسامية الظاهرية للعينات المحضرة.

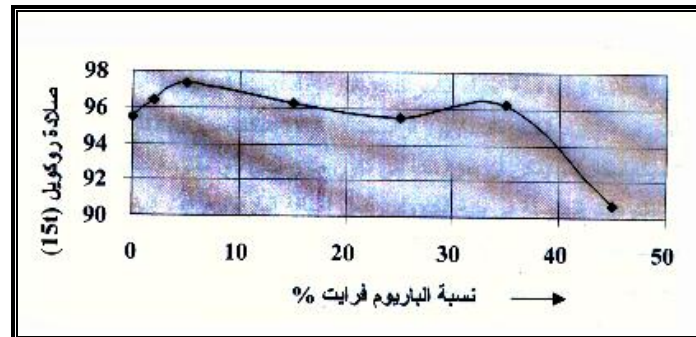
نسبة الباريوم فرايت %	صفر	2	5	15	25	35	45	100
المسامية الظاهرية %	2.2	2.43	2.44	2.53	2.77	2.69	2.84	3.4

الجدول (2) قيم طاقة ومعامل الانعكاس للعينات المحضرة

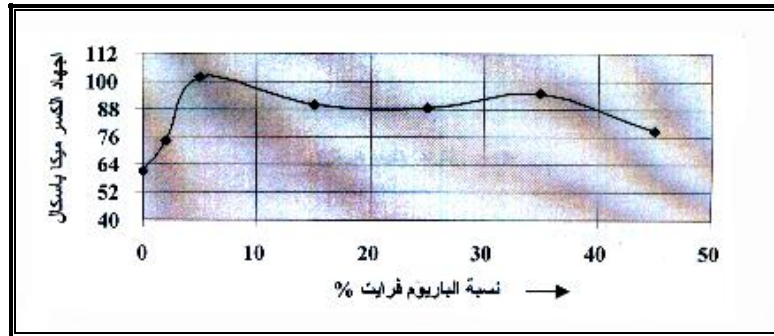
الباريوم فرايت %	طاقة الانعكاس (-dB)	التردد (GHz)	معامل الانعكاس
صفر	8.9	11.2	0.359
2	6.5	11.6	0.473
5	13	10.8	0.224
15	20.6	10.4	0.0933
25	8.7	11.2	0.367
35	5.6	12	0.525
45	10.4	10.4	0.302
100	34.5	8.84	0.019



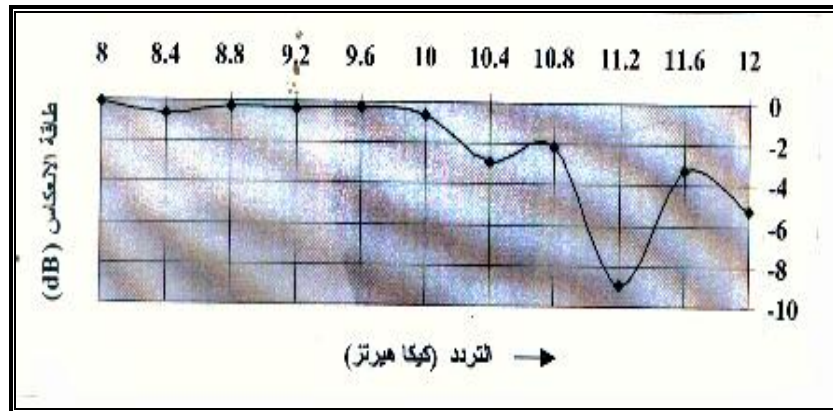
المخطط (1a): الدورة الحرارية لتلييد العينات



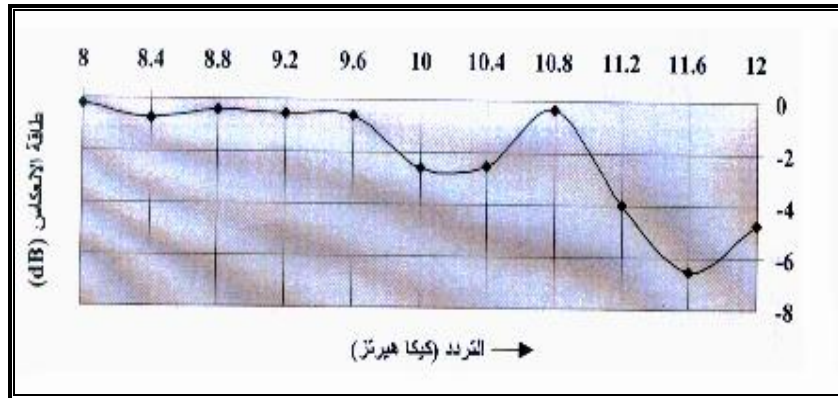
الشكل (1b) نتائج فحص صلادة روكويل (15T).



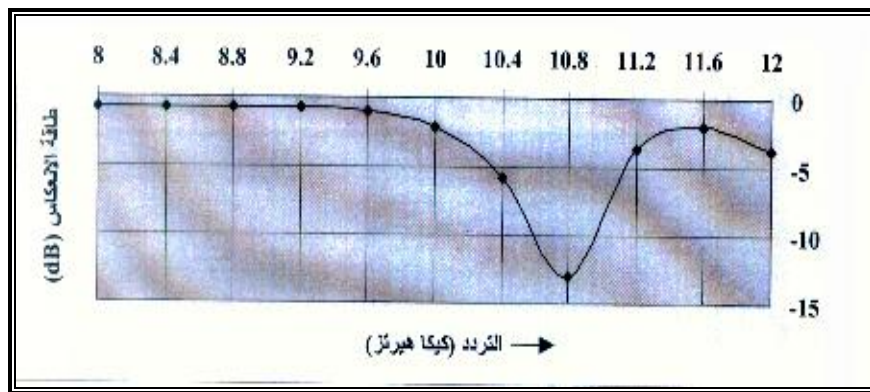
الشكل (2) نتائج فحص مقاومة الانحناء



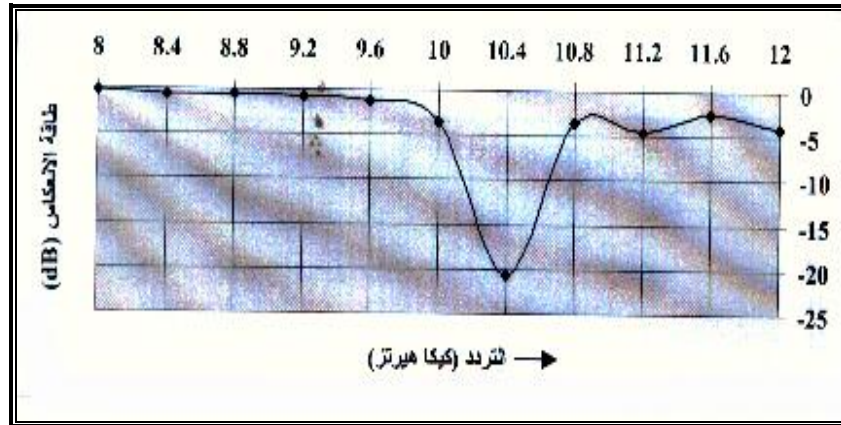
الشكل (3): نقصان طاقة الانعكاس مع التردد للكاولين.



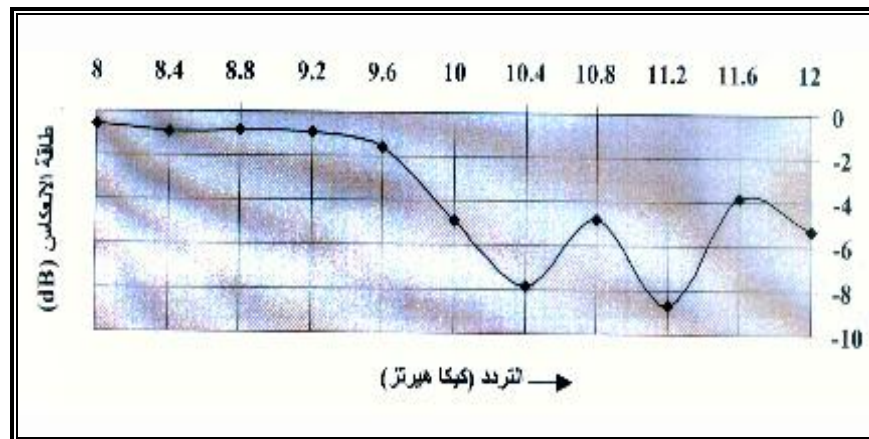
الشكل (4) نقصان طاقة الانعكاس مع التردد للعينة (2%) باريوم فرايت.



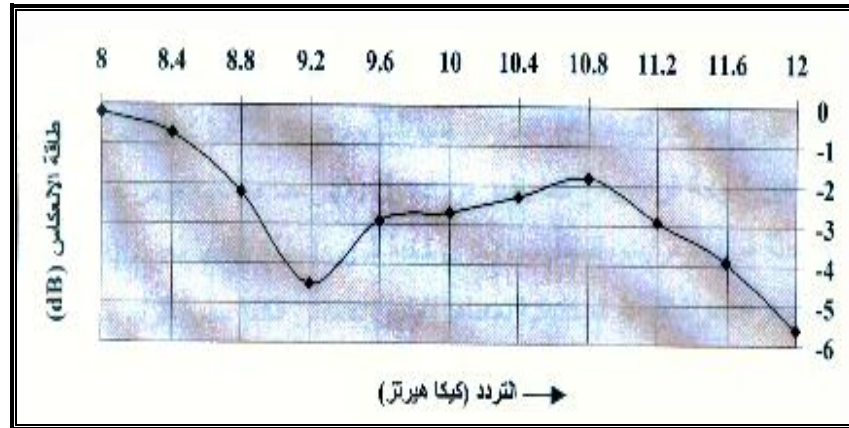
الشكل (5) نقصان طاقة الانعكاس مع التردد للعينة (5%) باريوم فرايت.



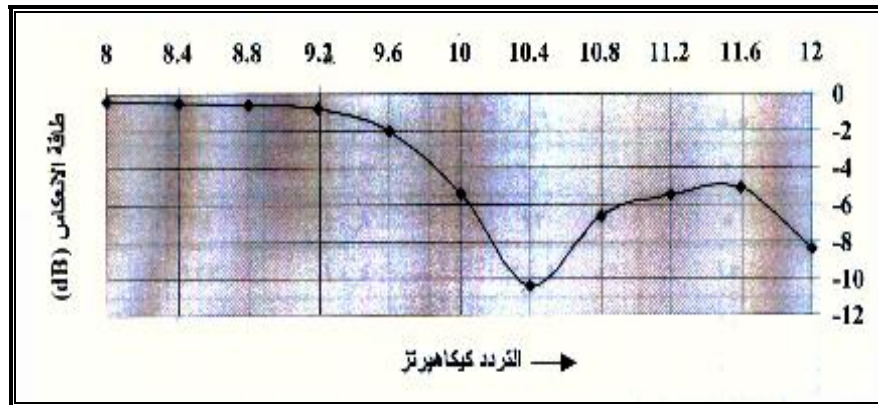
الشكل (6) نقصان طاقة الانعكاس مع التردد للعينة (15%) باريوم فرايت.



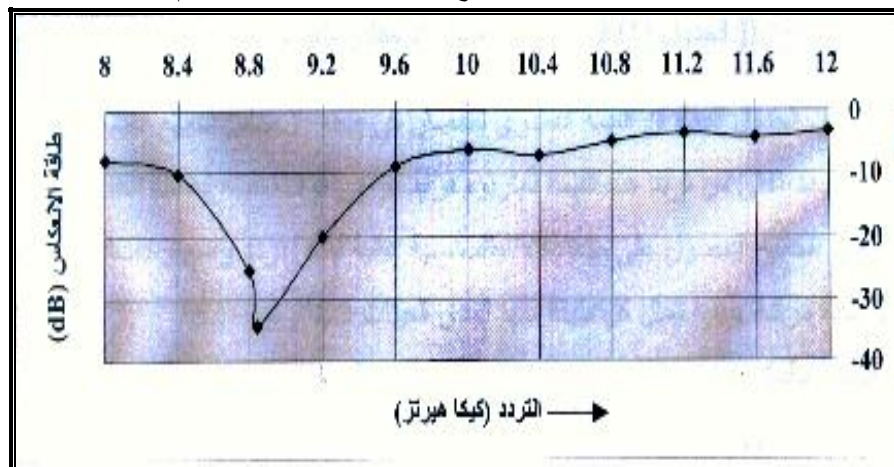
الشكل (7) نقصان طاقة الانعكاس مع التردد للعينة (25%) باريوم فرايت.



الشكل (8) نقصان طاقة الانعكاس مع التردد للعينة (35%) باريوم فرايت.



الشكل (9) نقصان طاقة الانعكاس مع التردد للعينة (45%) باريوم فرايت.



الشكل (10) نقصان طاقة الانعكاس مع التردد للباريوم فرايت المحضر