------مجلة علوم الرافدين، المجلد 25، العدد 3، ص65-74، 2014------

استخدام أشعة گاما في فحص تجانس سبيكة (Al-Mn) المطعمة ببعض الأكاسيد

رعد أحمد رسول أحمد خلف محيميد محسن وليد البدراني

قسم الفيزياء/ كلية التربية/ جامعة الموصل

(أستُلم 14/ 5 / 2013 ؛ قُبل 7 / 10 / 2013)

الملخص

تم في هذا البحث تحضير مجموعة من المواد المتراكبة بطريقة السباكة الرملية وباستخدام الخلط اليدوي لتشتيت الدقائق الأوكسيدية (Al_2O_3) و (ZnO) و (NiO) في أرضية سبيكة الأساس (Al-Mn). تم استخدام حزمة ضيقة أحادية الطاقة من أشعة گاما المنبعثة من المصدر المشع ^{37}Cs (0.662 keV) ومنظومة قياس أشعة گاما UCS-20 المرتبطة مع الكاشف الوميضي NaI(Tl) في فحص تجانس المواد (Al-Mn) و (Al-Mn)+Al_2O_3 و (Al-Mn)+ZnO و (Al-Mn)+NiO). تم الفحص من خلال النسبة المئوية للفرق بين طاقة أشعة گاما النافذة وشدة الإشعاع الساقط ومعامل التوهين الخطي في سبع مواقع مختلفة من المادة والنسبة المئوية للإنحراف المعياري. تم حساب معامل التوهين الخطي للمواد أعلاه وتبين أن أعلى قيمة لمعدل معامل التوهين الخطي هو 0.251 mm^{-1} لعينات (Al-Mn)+ZnO وأن أقل قيمة لمعدل معامل التوهين الخطي هو 0.151 mm^{-1} لعينات (Al-Mn)+NiO). أظهرت نتائج فحص التجانس إن العينات (Al-Mn) و (Al-Mn)+Al_2O_3 و (Al-Mn)+ZnO هي أكثر تجانسا من العينة (Al-Mn)+NiO). إن القيمة الحالية لمعامل التوهين الخطي للمادة (Al-Mn)+ZnO هي أعلى من قيمه للعديد من المواد المستخدمة كدروع واقية من أشعة گاما.

الكلمات الدالة : أشعة گاما، المواد المتراكبة، معامل التوهين الخطي، فحص تجانس.

Using Gamma-Rays to Determine the Homogeneity of Alloy (Al-Mn) Grafted by some Oxides

Raad A. Rasool Ahmed K. Muhemeed Muhsun W. Albadrani

Department of Physics/ College of Education/ University of Mosul

ABSTRACT

This research includes preparing samples of composite materials by using casting sand and hand mixing to disperse particles oxides such as (Al_2O_3) and (ZnO and (NiO) in the substrate of bases alloy (Al-Mn). We also use a narrow collimated mono-energetic beam of gamma-rays emitted from the decay of ^{137}Cs (0.662 keV) and a gamma spectrometer UCS-20 connected with a NaI(Tl) detector to determine the homogeneity of the materials (Al-Mn), (Al-Mn)+Al_2O_3,(Al-Mn)+ZnO,(Al-Mn)+NiO. The homogeneity test was determined from the percentage variations between the transmitted energy, the intensity of gamma-rays, and the linear attenuation coefficient at seven positions for each sample and the percentage of the standard deviation. The linear attenuation coefficients for the above samples were determined, the highest average values obtained 0.251 mm^{-1} for (Al-Mn)+ZnO and the lowest average values obtained 0.151 mm^{-1} for (Al-Mn)+NiO. It can be seen from the present results that the materials (Al-Mn), (Al-Mn)+Al_2O_3, (Al-Mn)+ZnO have a good homogeneity as compared with

(Al-Mn)+NiO. The linear attenuation coefficient of (Al-Mn)+ZnO sample was higher than its values in some materials used as gamma-radiation protection shields.

Keywords: Gamma-rays, composite materials, linear attenuation coefficients, Homogeneity test.

المقدمة

تستعمل سبائك الألمنيوم وعلى نطاق واسع في الصناعات المدنية والعسكرية لامتلاكها خصائص ميكانيكية جيدة ومقاومة عالية ضد التآكل. إذ تستعمل في معامل إنتاج حامض النتريك وتراكيب سفن الفضاء وفي صناعة العديد من أجزاء الأقمار الصناعية ومواد هندسية ذات تطبيقات تكنولوجية مختلفة.

تستخدم الأشعة النووية في مجالات عديدة مفيدة للبشرية منها الفيزياء النووية والفيزياء الطبية والفيزياء الصحية والزراعة والصناعة وغيرها (حمزة، 1976) و(Krane, 1987) و(موري،1987) و (Lilley, 2001). تستخدم هذه الأشعة في مجال الصناعة في قياس معدل جريان الغازات والسوائل في الانابيب ودراسة الاحتكاك بين السطوح وتحديد مقدار التآكل في قطع المكائن والمحركات والسيطرة على سمك الصفائح المصنوعة من المعادن والبلاستك وقياس كثافة السوائل والعجائن وفحص تجانس المواد وغيرها (البير وناجي، 1976) و(حمزة، 1976). يمكن دراسة تجانس المواد من خلال التباين في طاقة وشدة ومعامل توهين الأشعة النووية. تستخدم الدقائق المشحونة مثل الالكترونات والبروتونات وجسيمات الفا في تحديد درجة تجانس الأغشية الرقيقة والمواد البلاستيكية والمطاطية. تم استعمال جسيمات بيتا المنبعثة من المصدر المشع ^{90}Sr (سليمان وعلي، 2005)و (علي وسليمان، 2006) لقياس تجانس خلطة مطاطية نوع MCG المستعملة في أقنعة الوقاية ودراسة تأثير درجة الحرارة وضغط الكبس وزمن الخلط على تجانسها وصفاتها الميكانيكية الشد والاستطالة والصلابة. تم الاعتماد على التباين في شدة الأشعة النافذة عبر الخلطة المطاطية المعلومة مكوناتها في تحديد تجانس المادة إذ أنه يعتمد على سمك المادة فقط على اعتبار أن كثافتها ثابتة. تستخدم أشعة گاما في تحديد درجة تجانس الألمنيوم والحديد والرصاص والسبائك وغيرها من المواد ذات الكثافة العالية. أجريت دراسة مؤخرا من قبل (Mheemeed *et al.*, 2012) إذ استخدمت أشعة گاما المنبعثة من المصادر المشعة ^{137}Cs و ^{152}Eu و ^{241}Am لقياس تجانس مجموعة من العينات الناتجة من خلط الرصاص مع المطاط نوع NBR وبنسب وزنية مختلفة والتي يمكن استخدامها في الدروع الواقية من أشعة گاما. لقد تم الاعتماد على التباين في شدة أشعة گاما النافذة ومعامل توهينها الخطي في تحديد تجانس المادة. في هذا البحث استخدمت أشعة گاما المنبعثة من المصدر المشع ^{137}Cs ومنظومة قياس أشعة گاما UCS-20 المرتبطة مع الكاشف الوميضي NaI(Tl) في فحص تجانس مجموعة من النماذج ومن مواد متراكبة ذات أساس معدني تتمثل بسبيكة (Al-Mn) المقواة بدقائق من أكاسيد (Al_2O_3) و (ZnO) و(NiO) بنسب وزنيه متساوية.

الجانب العملي

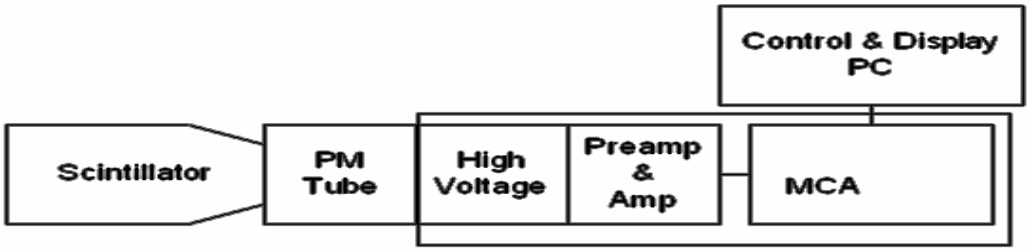
تحضير العينات

حضرت مجموعة من المواد المتراكبة بطريقة السباكة الرملية وباستخدام الخلـط اليـدوي لتـشتيت الـدقائق الاوكـسيدية (Al_2O_3) و (ZnO) و (NiO) في أرضية سبيكة الأساس (Al-Mn)، وكانت النسب المئوية لـ Mn في السبيكة الأساس هـي بحدود 1% (رسول وعبدالقادر، 2012). تم تقطيع السبيكة الأساس إلى قطع صغيرة لغرض تحديد الوزن المطلوب منها إسـتناداً الى الكسر الوزني للمادة المضافة (الأكاسيد) ومقداره 4% ووضعت القطع الموزونة في فرن كهربـائي بدرجـة حـرارة 750°C لصهر السبيكة بشكل كامل. تم إخراج المنصهر من الفرن وأضيف إليه أحد الأكاسيد أعلاه وتحريك المنصهر يدوياً لأجل تجـانس

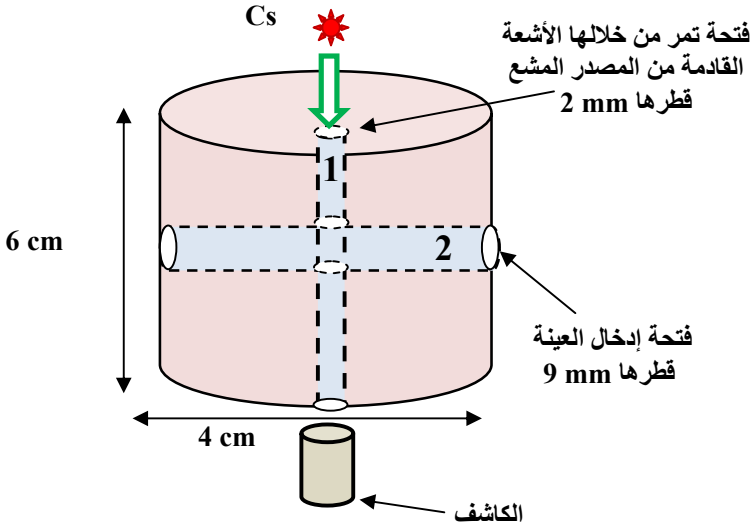
توزيع دقائق الأوكسيد داخل المنصهر. بعدها تم صب المنصهر في القالب الرملي الأسطواني الـشكل والحـصول علـى نمـاذج أسطوانية الشكل للمواد المتراكبة وبقطر يتراوح بين (7.8-8.2) mm تم قياسه باستخدام مايكروميتر رقمي وبدقة تصل إلى 0.005 mm. ولضمان الحصول على مواد متراكبة متجانسة فقد أهملت بداية ونهاية النماذج المحضرة وذلك بقطع كل عينة مـن الأعلـى والأسفل بمقدار (0.5 cm) خشية عدم تجانس التوزيع لمادة التقوية فيها ثم يقطع الجزء المتبقي من المادة المتراكبة إلـى عينـات بطول (10 cm) تقريباً كنماذج لاختبار تجانس المادة.

منظومة القياس

أجرى فحص التجانس للسبيكة الأساس والمواد المتراكبة وذلك باستعمال منظومة أشعة گاما UCS-20 المرتبطة بالكاشف الوميضي NaI(Tl) ذي الأبعاد 2.5cm×3.8cm والموضحة في الشكل (1). تتكون هذه المنظومة من مضخم ابتدائي ومـضخم رئيس ومجهز للفولتية ومحلل متعدد القنوات وترتبط هذه المنظومة بجهاز حاسوب لغرض تشغيلها وقراءة قياساتها وتحليل النتائج. استعملت حزمة ضيقة من أشعة گاما وذلك باستخدام مسدد من الرصاص أسطواني الشكل ارتفاعه 6 cm وقطره 4 cm ويحتـوي على فتحة قطرها 2 mm (المؤشرة في الموقع 1) تمر من خلالها الأشعة القادمة من المصدر المشع ^{137}Cs. يحتوي المسدد علـى فتحة ضيقة قطرها 9 mm (المؤشرة في الموقع 2) توضع بداخلها العينة المراد قياس نسبة تجانسها وكما موضح ذلك في الـشكل (2).



الشكل 1: مخطط المنظومة الإلكترونية الخاصة لقياس تجانس العينات



الشكل 2: مسدد من الرصاص

الحسابات

يمكن تحديد درجة تجانس السبيكة الأساس والمواد المتراكبة من خلال دراسة تباين طاقة أشعة گاما وشدتها ومعامل التـوهين الخطي.

تباين الطاقة

عند سقوط حزمة ضيقة من أشعة گاما أحادية الطاقة على وسط مادي سمكه (x) فان هذه الأشعة سوف تفقد جزءاً من طاقتها وتصبح طاقتها الخارجة تتذبذب حول معدل معين استنادا إلى التوزيع الإحصائي لفقدان الطاقة. وبالإمكان معرفة التغير في الطاقـة من خلال تحديد عرض الطيف الطاقي عند منتصف ارتفاعه FWHM. ولغرض معرفة تجانس المادة يتم تعريضها الـى حزمـة ضيقة من أشعة گاما وفي مواقع مختلفة (p) من المادة ويتم تسجيل الطيف الگامي الخارج من المادة وتحديد قيمة FWHM أو(F) عند كل موقع وإيجاد معدل قيمها F' ولجميع المواقع.

يتم حساب النسبة المئوية لتجانس المادة $\Delta_F(\%)$ باستخدام العلاقة التالية:

$$\Delta_F(\%) = \frac{F'-F}{F'} \times 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

تباين الشدة

عند سقوط حزمة ضيقة أحادية الطاقة من أشعة گاما وبشدة I_o على وسط مادي فان شدة الأشعة النافذة I هي(Lilley, 2001) :

$$I = I_o e^{-\mu x} \quad \ldots\ldots..(2)$$

حيث : μ معمل التوهين الخطي ويعتمد على طاقة أشعة گاما ومكونات مادة الوسط.

يمكن معرفة تجانس المادة من خلال مقارنة شدة أشعة گاما I النافذة من المواقع المحددة في المادة مع معدل قيمها I' ولجميـع المواقع .

يمكن تحديد النسبة المئوية لتجانس المادة $\Delta_I(\%)$ باستعمال العلاقة التالية:

$$\Delta_I(\%) = \frac{I'-I}{I'} \times 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

تباين معامل التوهين الخطي

إن لمعامل توهين أشعة گاما الخطي أهمية كبيرة في دراسة تأثير هذه الأشعة على المادة وإحتـساب الجرعـة الإشـعاعية وتحقيق المستوى الأمن للتعرض الإشعاعي ومنع الخطر الناتج من التعرض للإشعاع من خلال تصميم الدروع المناسبة.

أحتسب معامل التوهين الخطي μ باستعمال العلاقة(2).

يمكن معرفة تجانس المادة من خلال مقارنة قيم μ في المواقع المحددة في المادة مع معدل قيمها μ'.

النسبة المئوية لتجانس المادة $\Delta_\mu(\%)$ هي:

$$\Delta_\mu(\%) = \frac{\mu'-\mu}{\mu'} \times 100\% \quad \ldots\ldots(4)$$

كلما كانت قيم $\Delta_F(\%)$ و$\Delta_I(\%)$ و $\Delta_\mu(\%)$ صغيرة فهذا يعني أن المادة متجانسة (التباين قليل).

الإنحراف المعياري

أحتسب الإنحراف المعياري لمعامل التوهين σ(μ) باستخدام العلاقة الآتية:

$$\sigma(\mu) = [\Sigma(\mu_i - \mu')^2/(N-1)]^{0.5} \quad \text{..... (5)}$$

إذ أن:

μ_i - معامل التوهين الخطي عند الموقع i .

μ'- معدل معامل التوهين الخطي .

N - عدد المواقع في المادة .

يمكن استخدام المعادلة (5) لإحتساب مقدار الإنحراف المعياري لشدة أشعة گاما النافذة σ(I). أما النسبة المئوية للانحـراف المعياري لكل من معامل التوهين الخطي وشدة أشعة گاما النافذة يتم إحتسابها من خلال قسمة الإنحراف المعياري على معدل القـيم (σ /Ave)×100. فكلما كانت قيم Δ_I(%) و Δ_μ (%) و(σ/Ave)×100 صغيرة فهذا يعني أن المادة متجانسة (التباين قليل).

النتائج والمناقشة

تحتوي الجداول (1) و (2) و (3) و (4) على قيم I_o و x و I وp و FWHM و μ والنسبة المئوية للفرق بين قيم كل مـن I و FWHM و μ ومعدلهما عند سبع مواقع وللمواد (Al-Mn) و (Al-Mn)+Al_2O_3 و (Al-Mn)+ZnO و(Al-Mn)+NiO على التوالي. تم رسم العلاقة بين كل من Δ_F(%) وΔ_I(%) وΔ_μ(%) مع المواقع المختارة وللمواد أعلاه والموضحة في الأشكال (3) و(4) و(5) و(6). يتضح من خلال الجداول والأشكال أعلاه إن قيم Δ_F(%) صغيرة جدا واقـل مـن 0.6% وأن النـسبة المئوية للانحراف المعياري لعرض الذروة عند منتصف ارتفاعها هي 0.15% و 0.098% و 0.24% و 0.33% للعينات أعـلاه على التوالي. والسبب في ذلك يعود إلى إن أشعة گاما لها القابلية العالية على اختراق المادة، وأن التباين في طاقتها هو قليل جـداً. لذا تعتبر هذه الطريقة غير مشجعة لدراسة تجانس العينات المراد دراستها حاليا. أما قيم Δ_I(%) فتتراوح بين 0.02% و 6.65% وأن النسبة المئوية للإنحراف المعياري لشدة الأشعة النافذة هي 0.8% و 0.64% و 0.77% و 4.34% للعينـات أعـلاه علـى التوالي. إن قيم Δ_μ(%) تتراوح بين 0% و 57.62% وان النسبة المئوية للانحراف المعياري لمعامل التوهين الخطي هي 4.4% و 4.06% و 3.98% و37.1% للعينات أعلاه على التوالي. تعتبر النسبة المئوية للانحراف المعياري مقياس جيد لدرجة تجـانس المادة اذ كلما قلت هذه النسبة زاد تجانسها. نلاحظ أيضاً من الأشكال (3) و(4) و(5) و(6) إن القيم الموجبة لـ Δ_I(%) يقابلها قيم سالبة لـ Δ_μ(%)، أي أنه عند نقصان معامل التوهين الخطي يقابله زيادة في شدة الأشعة النافذة عند نفس المواقع والعكس صحيح أيضاً. توضح النتائج أعلاه لقيم Δ_I(%) وΔ_μ(%)، إن العينـات (Al-Mn) و (Al-Mn)+Al_2O_3 و (Al-Mn)+ZnO هـي الأكثر تجانساً من العينة (Al-Mn)+NiO. لقد أتضح من خلال الدراسة الحالية أن الكثافة الكتلية لهذه العينات هي 2.64 g/cm^3 و2.66 g/cm^3 و2.68 g/cm^3 و 2.23 g/cm^3 على التوالي، وأن النسبة المئوية للفرق بين الكثافة الكتلية للعينات الثلاثة الأولـى ومعدلها هو أقل من 1% بينما النسبة المئوية للفرق بين الكثافة الكتلية للعينة الرابعة مع معدل الكثافة الكتلية للعينات الثلاثة الأولـى هو بحدود 16%. إن السبب في انخفاض الكثافة الكتلية للعينة الرابعة هو وجود فجوات وفقاعات هوائية داخل هذه العينـة وهـذا يتفق تماما مع نتائج الدراسة التي أُنجزت من قبل (رسول وعبدالقادر، 2012) والتي تؤكد من خلال الفحص المجهري وجود عـدم تجانس لتوزيع أوكسيد النيكل NiO وظهور إنخلاعات على سطح السبيكة (Al-Mn)+NiO.

تبين من خلال نتائج الدراسة الحالية إن أعلى وأقل قيمة لمعدل معامل التوهين الخطي هـو $0.251\ mm^{-1}$ و $0.151\ mm^{-1}$ للعينات (Al-Mn)+ZnO و (Al-Mn)+NiO واللتان تمتلكان أعلى وأقل كثافة كتلية على التوالي. إن معدل القيم لمعامل التوهين الخطي هو $0.206\ mm^{-1}$. يوضح الجدول (5) مقارنه بين نتائج الدراسة الحالية والدراسات السابقة لمعامل التوهين الخطي ولعـدد من المواد التي يمكن استعمالها كدروع واقية لأشعة گاما وللطاقة 662keV. من خلال النتائج التحليلية النهائية يتضح بـأن القيمـة الحالية لـ ـ ـ μ وللمادة (Al-Mn)+ZnO هي أعلى من قيمة μ للمواد Cappa Bonita (Mavi, 2012) و Special lead glass (Fathi,2005) و(Concrete (white sand (El-Khayatt,2011) وDiorite rock (El-Taher, 2007) و Compressed soil (مربط وآخرون، 2000)، لذلك يمكن الاعتماد عليها واستخدامها كدرع واقي من أشعة گاما.

الاستنتاجات

1 - استخدمت أشعة گاما وبشكل ناجح في فحـص تجـانس المـواد (Al-Mn) و $(Al-Mn)+Al_2O_3$ و (Al-Mn)+ZnO و (Al-Mn)+NiO وخاصة من خلال تباين الشدة ومعامل التوهين الخطي.

2- تعتبر النسبة المئوية للانحراف المعياري مقياس جيد لدرجة تجانس المادة اذ كلما قلت هذه النسبة زاد تجانسها.

3- توضح النتائج الحالية إن العينات (Al-Mn) و $(Al-Mn)+Al_2O_3$ و (Al-Mn)+ZnO هـي أكثـر تجانـساً مـن العينـة (Al-Mn)+NiO.

4 - يمكن إستعمال المادة المتراكبة (Al-Mn)+ZnO كدرع واقي من أشعة گاما.

الجدول 1: يوضح نتائج فحـص التجـانس بالنـسبة للـسبيكة الأسـاس (Al-Mn) عنـد المعلمـات القياسـية I_o=4490 وx=8.045 mm

الموقع p	الشدة I(count/300sec)	النسبة المئوية للفرق في الشدة Δ_I(%)	عرض الذروة عند منتصف ارتفاعها FWHM(ch)	النسبة المئوية للفرق في عرض الذروة Δ_F(%)	معامل التوهين $\mu(cm^{-1})$	النسبة المئوية للفرق في معامل التوهين Δ_μ(%)
1	3744	-0.02	26.24	0.2	0.226	0
2	3766	-0.61	26.33	-0.15	0.219	3.09
3	3785	-1.12	26.32	-0.11	0.212	6.19
4	3706	0.99	26.29	0	0.239	-5.75
5	3713	0.81	26.34	-0.19	0.236	-4.42
6	3768	-0.66	26.28	0.04	0.218	3.54
7	3720	0.62	26.25	0.15	0.234	-3.54
Ave	3743	0	26.29	0	0.226	0
الإنحراف المعياري σ	30.87		0.039		0.010	
(σ/Ave)*100	0.8		0.15		4.4	

الجدول 2: نتـائج فحـص التجـانس بالنـسبة للمـادة المتراكبـة Al_2O_3+(Al-Mn) عنـد المعلمـات القياسـية I_o=4646 و x=8.225mm

الموقع p	الشدة I(count/300sec)	النسبة المئوية للفرق في الشدة Δ_I(%)	عرض الذروة عند منتصف ارتفاعها FWHM(ch)	النسبة المئوية للفرق في عرض الذروة Δ_F(%)	معامل التوهين $\mu(cm^{-1})$	النسبة المئوية للفرق في معامل التوهين Δ_μ(%)
1	3965	-0.32	24.36	0	0.193	2.03
2	3972	-0.5	24.41	-0.08	0.191	3.16
3	3921	0.78	24.43	-0.16	0.206	-4.57
4	3926	0.66	24.39	0	0.205	-4.06
5	3989	-0.93	24.42	-0.12	0.185	6.09
6	3957	-0.12	24.4	-0.04	0.195	1.02
7	3935	0.43	24.38	0.04	0.202	-2.54
Ave	3952	0	24.39	0	0.197	0
الإنحراف المعياري σ	25.46		0.024		0.008	
(σ/Ave)*100	0.64		0.098		4.06	

الجدول 3: نتائج فحص التجـانس بالنـسبة للمـادة المتراكبـة (Al-Mn)+ZnO عنـد المعلمـات القياسـية I_o=4490 و x=8.185 mm

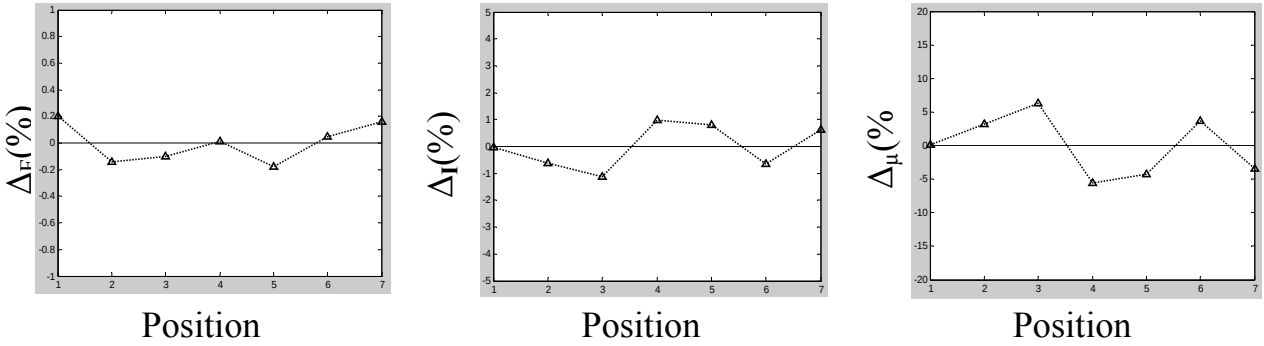
الموقع p	الشدة I(count/300sec)	النسبة المئوية للفرق في الشدة Δ_I(%)	عرض الذروة عند منتصف ارتفاعها FWHM(ch)	النسبة المئوية للفرق في عرض الذروة Δ_F(%)	معامل التوهين $\mu(cm^{-1})$	النسبة المئوية للفرق في معامل التوهين Δ_μ(%)
1	3649	0.18	25.42	0.43	0.254	-1.2
2	3688	- 0.89	25.55	-0.08	0.240	4.38
3	3664	- 0.23	25.58	-0.2	0.248	1.2
4	3642	0.37	25.53	0	0.256	-1.99
5	3617	1.06	25.55	-0.08	0.264	-5.18
6	3694	-1.01	25.61	-0.31	0.238	5.18
7	3635	0.56	25.5	0.12	0.258	-2.79
Ave	3655.6	0	25.53	0	0.251	0
الإنحراف المعياري σ	28.1		0.06		0.01	
(σ/Ave)*100	0.77		0.24		3.98	

الجدول 4: نتائج فحص التجانس بالنسبة للمادة المتراكبة (Al-Mn)+NiO عند المعلمات القياسية I_o= 4646 و x=7.815 mm

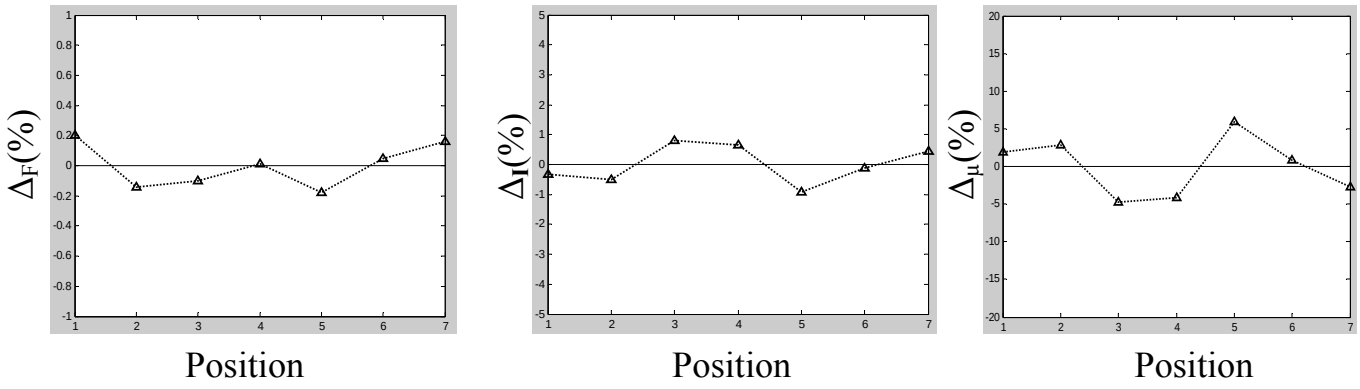
الموقع p	الشدة I(count/300sec)	النسبة المئوية للفرق في الشدة Δ_I(%)	عرض الذروة عند منتصف ارتفاعها FWHM(ch)	النسبة المئوية للفرق في عرض الذروة Δ_F(%)	معامل التوهين $\mu(cm^{-1})$	النسبة المئوية للفرق في معامل التوهين Δ_μ(%)
1	3858	6.65	27.65	- 0.14	0.238	-57.62
2	4102	0.75	27.74	- 0.47	0.159	-5.3
3	4246	-2.73	27.55	0.22	0.115	23.84
4	4001	3.19	27.6	0.04	0.191	-26.49
5	4316	-4.42	27.45	0.58	0.094	37.75
6	4350	-5.25	27.63	- 0.07	0.084	44.37
7	4058	1.81	27.65	- 0.14	0.173	-14.57
Ave	4133	0	27.61	0	0.151	
الإنحراف المعياري σ	179.34		0.09		0.056	
(σ/Ave)*100	4.34		0.33		37.1	

الجدول 5: مقارنه بين نتائج الدراسة الحالية والدراسات السابقة لمعامل التوهين الخطي ولعدد من المواد.

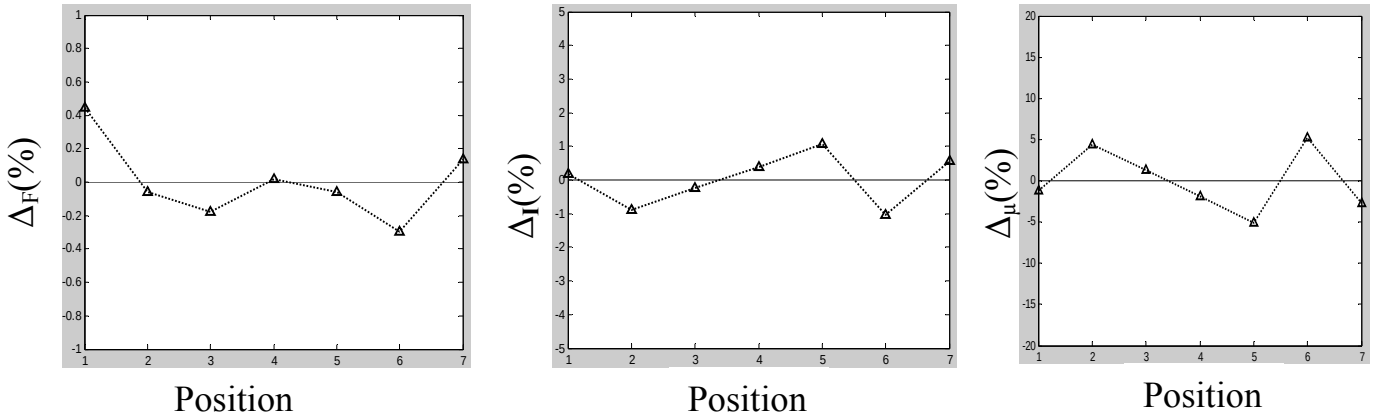
نوع العينة	معامل التوهين الخطي (cm^{-1})	المراجع العلمية
(Al-Mn)+ZnO	0.251	العمل الحالي
Lead	1.08	الأحمد (1993)
Sample 5	0.478	Mheemeed *et al.*, 2012
Barite concrete	0.251	Stankovic *et al.*, 2010
Cappa Bonita	0.234	Mavi, 2012
Special lead glass	0.233	Fathi, 2005
Concrete (white sand)	0.168	El-Khayatt, 2011
Diorite rock	0.15	Jameel *et al.*, 2010
Compressed soil	0.126	(مربط وآخرون، 2000)



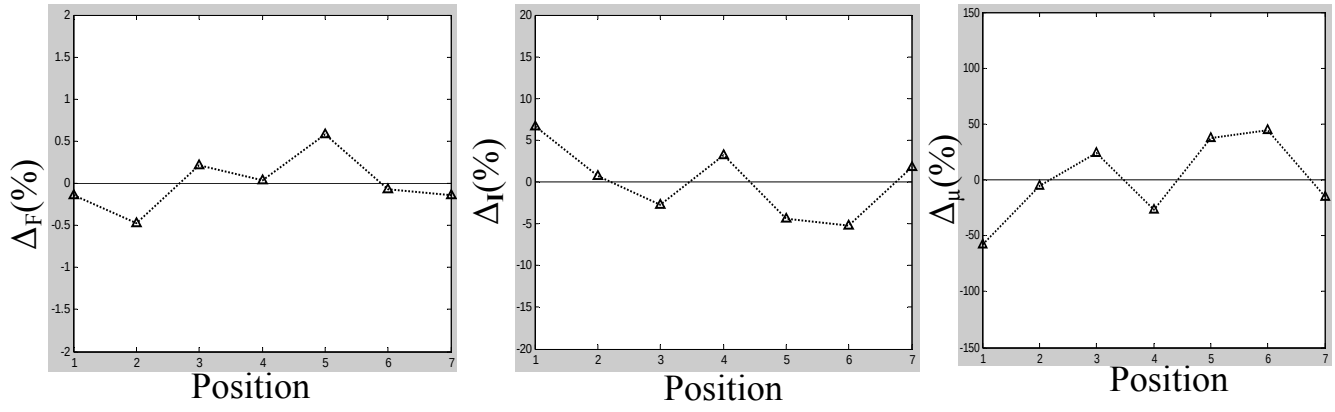
الشكل 3: العلاقة بين كل من Δ_F(%) و Δ_I(%) و Δ_μ(%) والموقع للعينة (Al-Mn)



الشكل 4: العلاقة بين كل من Δ_F(%) و Δ_I(%) و Δ_μ(%) والموقع للعينة (Al-Mn)+Al_2O_3



الشكل 5: العلاقة بين كل من Δ_F(%) و Δ_I(%) و Δ_μ(%) والموقع للعينة (Al-Mn)+ZnO



الشكل 6: العلاقة بين كل من Δ_F(%) و Δ_I(%) و Δ_μ(%) والموقع للعينة (Al-Mn)+NiO

المصادر العربية

الأحمد، خالد عبيد (1993). "مقدمة في الفيزياء الصحية." دار الكتب للطباعة والنشر جامعة الموصل.

البير مرز، عادل ناجي (1976). مقدمة في التطبيقات الصناعية للنظائر المشعة. منشورات لجنة الطاقة الذرية العراقية. ص37.

حمزة، خضر عبد العباس (1976). الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية. منشورات لجنة الطاقة الذرية العراقية. ص95 .

رسول، رعد احمد، عبدالقادر، غسان سعدالله (2012). الخواص الميكانيكية لمتراكبات ذات سبيكة أساس (Al-Mn). قيد النشر.

سليمان، وفاء علي، علي، سهام احمد (2005). استخدام جسيمات بيتا لقياس تجانس خلطة مطاطية ودراسة تأثير درجة الحـرارة وضغط الكبس على تجانسها وصفاتها الميكانيكية. مجلة علوم الرافدين، **16**(1)، 115-121.

علي، سهام احمد؛ سليمان، وفاء علي (2006). تأثير زمن الخلط على التجانس والمواصفات الميكانيكية للخلطات المطاطية. مجلة علوم الرافدين، **17**(1)، 103-110.

مربط، عدنان حافظ؛ نعمة، علي عدنان؛ تقي، علي كاظم (2000). قياس توهين أشعة گاما في عينات تربـة مكبوسـة. المجلـة العلمية لمنظمة الطاقة الذرية العراقية. **2**(2) ، 46-52.

موري، ر.ل. ترجمة خليل، منيب عادل (1987). الطاقة النووية: مقدمة في مفاهيم وأنظمة وتطبيقات العمليات النووية. منشورات جامعة الموصل. ص 70.

المصادر الأجنبية

El-Taher, A. (2007). Comparative study of attenuation and scattering of gamma-rays through two intermediate rocks. *Indian J. Pure Appl. Phys*., **45**, 198–203

Fathi, F. (2005). Mass attenuation of gamma photons in special lead glass that can be used in radiation shielding windows. *Raf. J. Sci*., **17**(2),130–138

Jameel, H.; Al-dayel, O.; Al-horayess, O.; Al-ajyan, T. (2010). Gamma ray shielding from white sand. *Energy Power Eng.* **2**(1), 6–9. http://www.scirp.org/journal/epe

Krane, K. (1987). "Introductory Nuclear Physics". Wiley, New York. Johns and Cunningham The Physics of Radiology, 3rd ed.

Lilley, J. (2001). "Nuclear Physics Principles and Application". Wiley, University of Manchester, New York.

Mavi, B. (2012). Experimental investigation of γ-ray attenuation coefficients for granites. *Annals of Nuclear Energy*. **44**, 22-25.

Mheemeed, A.K.; Hasan, I.H.; Al-Jomaily, F.M. (2012). Gamma-ray absorption using rubber-lead mixtures as radiation protection shields. *J. Radioanal. Nucl. Chem*. **291**, 653–659

Stankovic, S.; Ilic, R.; Jankovic, K.; Bojovic, D.; Loncar, B. (2010). Gamma radiation absorption characteristics of concrete with compound type materials. *Acta. Phys. Polonica. A*., **117**(5), 812–816.