

دراسة المؤثرات البيئية على الخواص الحرارية والميكانيكية للأكريليك المسلح

محمد عبد الحمزة محمد

قسم هندسة المواد/كلية الهندسة/جامعة بابل

الخلاصة

لقد تم في هذا البحث دراسة بعض الخواص الحرارية والميكانيكية للأكريليك - (Polymethylmethacrylate) قبل وبعد تقويته ، إذ تمت تقوية الأكريليك بطريقتين الأولى هي بواسطة حصيرة محاكاة عشوائية من الألياف الزجاجية وبنسبة وزنية مثوية مقدارها (1.5%) إما الطريقة الثانية فتستمد سحقاً أو كربونات زرنيخ (ZrO₂) وبنسبة وزنية مثوية مقدارها (13.5%) وبحجم حبيبي مقداره (1.1 μm).

جرت الاختبارات في ظروف مختلفة حيث تم قياس معامل التوصيف الحراري ومعامل انتشار الماء لعينات وهي من ضمنها عينات معاملة حراريا حيث سُخنَت عند درجة حرارة (250°C) ونَسْنَدَتْ (15min) ومن ثم تم تبريدها، فيما الاختبارات الميكانيكية فهي لكل الحالات ولعيّنات مغمورة في الماء إلى حد الإطباع.

بشكل عام أظهرت النتائج أن المعاملة الحرارية سببت انخفاضاً في قيمة معامل التوصيف الحراري وزيندة في معامل الانتشار وكذلك زيادة في الخواص الميكانيكية (الصلادة ومقاومة الانضغاط) لعينات، كما وظهر أن تغير العينات بتمام تأثيره سلباً على خواصها الميكانيكية، وإن المادة المساحة بالألياف الزجاجية كان لها التأثير الأفضل في اغلب ظروفه، وقد ثوّقت النتائج.

Abstract

The thermal and mechanical properties were studied in this research for Acrylic (Polymethylmethacrylate), by two methods, firstly by arbitrary woven roven of glass fibers with weight percent ratio (1.5%), secondly by Zirconium Oxide powder with weight percent ratio (13.5%) and particle size of (1.1 μm).

The tests were performed in different conditions where the coefficients of thermal conductivity and water diffusion were measured for the specimens which included thermal treated specimens (heated at 250°C for 15 min and then cold) as well as unheated specimens.

The mechanical tests were performed for all specimens and achieved after they had immersed in the water until saturation state.

Generally the results showed that the heat treatment had caused decreasing the coefficients of thermal conductivity for all specimens and increasing the values of diffusion coefficients, hardness and compression strength. The immersion of specimens in the water had affected the mechanical properties, however the material reinforced by glass fibers had best specification in the most conditions. The results were discussed.

المقدمة

يعود تاريخ تصنيع المواد المركبة (Composites) إلى العصور القديمة (5000 ق.م) تتمثل بعض الاستخدامات البابلية والرومانية في نفسية مواد البناء بمشاركة "الخشب" [Ashby and Jones, 1999]. إن عملية الدمج بين مكونات المادة المركبة تتبع الفرصة لحصول على مادة جديدة ذات خواص هندسية وفيزيائية تختلف عن خواص المواد الداخلة في تركيبها [Trojan, 1981]. وتحضير مادة مركبة يتبعي توفر عنصرين هامين هما :

1. مادة الأساس (Matrix Material).

2. مادة التقوية (Reinforcing Material).

ويمكن تقسيم مواد الأساس إلى ثلاثة أصناف رئيسية وهي مواد معدنية ومواد سيراميكية ومواد راتنجية وتتميز المواد الأخيرة بخواصها الميكانيكية والحرارية الجيدة كذلك إمكانية تقويتها بأكبر كسر حجمي ليفي [Rosen and Dow, 1987].

إما مواد التقوية (Reinforcing Material) فتتميز بمقاومة عالية ومطبلية واصفة تعمل على تقوية المادة الأساسية لتنتج أصنافاً من المواد المركبة وهي المواد المقساة بالدقائق (ذات قطر أكبر من $0.1\mu\text{m}$) وكسر حجمي أكبر من 25%) ومواد مقواة بالتشتيت (قطر الجسيمات أقل من $0.1\mu\text{m}$ وبكسر حجمي بين (1-15%) [Trojan, 1981] والمادة المركبة المقواة بالألياف (Fiber Reinforced Composite) حيث يعتبر هذا النوع من المواد من البسائل الحديثة عن تلك المواد التقليدية مثل الألミニوم والفولاذ [Khayat, 1989].

إن مصطلح الليف (Fiber) يدل على مادة ذات مقطع عرضي متباين صغير جداً لا يتجاوز عددة مايكرونات ولا تحتوي على العيوب الشائعة في المواد المتعددة البثورات والتي هي السبب في انخفاض مقاومة هذه المواد وفشلها [د. فتحزان الخزرجي, 1994] وتتميز الألياف بكونها أقوى بـ(50) مرة وأكثر حسابة (Stiffness) بمقدار (20-150) مرة من المادة الراجحة [Frank, Gerstle, 1978].

لقد تمت دراسة معامل الانتشار (D) من قبل الكثير من الباحثين حيث اختبر [Dewimille, 1982] 70 عينة من المواد المترابطة باستخدام صریقة الوزن لزيادة معامل الانتشار باستخدام قانون فك الثاني (Fickian Second Law) والذي يعتمد على نوع المحلول وانكسار الحجمي للألياف في المادة المترابطة.

تعتمد الموصولة الحرارية في المواد الراجحة على اتجاه الجزيئات (Molecular Orientation) والحجم البلوري والنقاوة (Purity). إما في المواد المركبة التي تتميز بكونها غير موحدة الخواص (Anisotropic) تبدي بعض المواد المركبة موصولة جيدة على طول اتجاه الألياف وموصلة ضعيفة باتجاه عمودي عليها [Gaylord, 1974].

يشير اختبار مقاومة الانضغاط إلى مدى تحمل المادة عند تعرضها إلى حمل الانضغاط ولكن تبين إن تتكسر أو تتحطم وتقاس عادة بوحدات (MPa). وتفوى العتبة التي تكرر قوى التماسك بين جزيئات المادة [Shah, 1983].

تعرف الصلادة بأنها مقاومة المادة للخدش أو الاحتراق . وتعزز أهمية اختبارات الصلادة في اعطاء كشف سريع لما يطرأ من تغيرات على الخواص الميكانيكية للمادة نتيجة عمليات التصنيع والتغيرات الكيمائية والمعاملات الحرارية والتعتيق والتغيرات المصاحبة لعمليات التشكيل [Shah, 1983].

لقد تم في هذا البحث إجراء اختبارات تقييم معامل التوصيل الحراري (Coefficient of Thermal Conductivity) ومعامل الانتشار (Diffusion Coefficient) والصلادة (Hardness) ومقاومة الانضغاط (Compression Strength).

الجزء العملي

لقد تم إعداد عينات المادة المترابطة ذات أساس لاكريت بنسنة (اللوبيمر) $\frac{2.25\%}{\text{ليبر}} \times \frac{\text{ليبر}}{1\text{ml}}$ (وتحميم تركيبه في الجدول رقم (1)) ومواد التقوية المستمرة على مسحوق الزركونيا (ZrO_2) ذو خصفات العينة في الملحق رقم (1) وأنواع الألياف الزجاجية نوع (Crazer Co. Germany) انظر شنح رقم (2) . وهي محاكاة بيئة حصيرة عشوائية،

جدول رقم (1): يبين تركيب الاكريليك

Powder	- polymer	Polymethylmethacrylate beads.
	- Initiator	A peroxide (benzoyl Peroxide 0.5%).
	- Pigments	Salts of Cadmium or iron or organic dyes.
	- Monomer	Methylmethacrylate.
Liquid	-Cross-Linking agent	Ethyleneglycoldimethacrylate (approximately 10 percent).
	- Inhibitor	Hydroquinone (trace).
	- Activator	N.N'- dimethyl- p- toluidine(approximately 1%).

بالإضافة إلى عينات غير مقننة حيث تم استخدام تقنية الصب المفتوح في تحضير العينات وشكل أقراص ذات قطرات تبلغ (21mm) وسمك (11mm) ويزمن تصلب بلغ (24hrs) كذلك فقد تم إنتاج عينات معاملة حرارياً وذلك بعد تعربيضها إلى التسخين عند درجة (250°C) لمدة (15min) وإجراء القياسات التالية :

١. قياس معامل الانتشار من قانون فيك الثاني (D)

$$D = \pi \left(\frac{kb}{4\mu_r} \right)^2$$

حيث إن

D: معامل الانتشار

b: سماكة العينة

μ_r : أعلى زيادة بالوزن

K: زيادة الوزن مقابل \sqrt{time} .

حيث تم استخدام ميزان رقمي في هذا الاختبار نوع (Sartorius-Germany) لحساب النسبة في

وزن العينات الناتجة عن امتصاصها للماء | د. فحصان الخزرجي. [Frank, Gerstle, 1978, 1994].

٢. تم قياس مقاومة الانضغاط باستخدام المكبس البيدرونيكي نوع (Leybold Harris No.36110) وذلك من خلال معرفة أقصى حمل مسلط وبقسمة هذا الحمل على مساحة سطح النموذج قبل التشوه ولجميع العينات قبل وبعد تغطيتها بالماء حتى حد الإشتعال.

٣. تم قياس صلادة ذكرز للعينات المقاومة بالألياف الزجاجية (Acr.+glass) والمقاومة بأوكسيد الزركونيوم (Acr.+ZrO₂) إضافة إلى عينة الاكريليك الغير مقاومة (Acr.) حيث إن قيمة كل عينة تمثل معدل لخمس قيم ثم قياسها من مناطق مختلفة عشوائياً على سطوح العينات وقد كانت فترة استخدام الأشعة (15sec) ولكل عينة قياسها قبل وبعد التغطية بالماء حتى حد الإشتعال.

٤. استخدمت تقنية فرسن لي (Lees Disc Technique) لقياس معامل التوصيف الحراري لعينات (Acr.) و (Acr.+ZrO₂) و (Acr.+glass).

النتائج والمناقشة

يظهر الجدول رقم (2) قيم معامل التوصيف الحراري لمجموعتي العينات قبل وبعد المعاملة الحرارية. بالنسبة لمجموعة الأولى الغير معاملة يلاحظ أن أعلى معامل توصيف هو لعينة الغير مركبة (Acr.) بينما أقل معامل توصيف هو لعينة المركبة بالألياف الزجاجية وهذا يعود إلى حقيقة أن المواد

السيراميكية (اكاسيد المعادن بشكل عام) هي ذات توصيل حراري منخفض [ذئون محمد، د.كوركين عبّاد آدم] وان الألياف الزجاجية تتألف من نسب مختلفة من الاكاسيد المعدنية ومن ضمنها اوكيت الزركونيوم ولو بنسبة ضئيلة، الملحق رقم (2)، وبسبب هيئة الألياف الزجاجية المحاكاة بشكل حصيرة عشوائية فيها تكون أشهى بطقة عازلة داخل العينة (Acr.+glass) حيث إن انتقال الحرارة خلال العينة المقامة بشبكة الألياف الزجاجية تكون باتجاه عمودي على مستوى تلك الشبكة مما يعيق انتقال الحرارة خلالها [Gaylord, 1974]. إما العينة (Acr+ZrO₂) وبالرغم من احتوائها على كسر وزني من الزركونيا (ZrO₂) يبلغ (13.5%) وهو أكبر بتسعة إضعاف النسبة الوزنية للألياف الزجاجية في العينة (Acr.+glass) حيث تبلغ (1.5%) إلا إن التوزيع العشوائي لجسيماتها يسمح بتوصيل حراري أفضل مما هو عليه في العينة (Acr.+glass). كما إن الطبيعة المسامية لراتنج الأكريليك وجود الفجوات في بنائه تؤدي عن مزج سائل مع الباودر-انظر الجدول رقم (1)، وبالتالي سرعة التحول إلى لحمة أهلية وزيادة الترويج بسرعة كبيرة [McCabe, 1985] تعمل على خفض معامل التوصيل الحراري بشكل عاد [Gaylord, 1974] وتزداد هذه المسامية والفجوات الداخلية بعد تسخين العينات وتعددتها حيث ينشأ ما يعرف بـ“الاتصال الشبكي” فت تكون جزيئات علائقية (وزنها الجزيئي عالي) ذات نشاط كيميائي وفيزيائي ضعيف جداً وهذا بمحضه يسبب خفضاً عاماً في معاملات التوصيل الحراري [عينات المسخنة Rodriguez, 1985, McCabe, 1985]

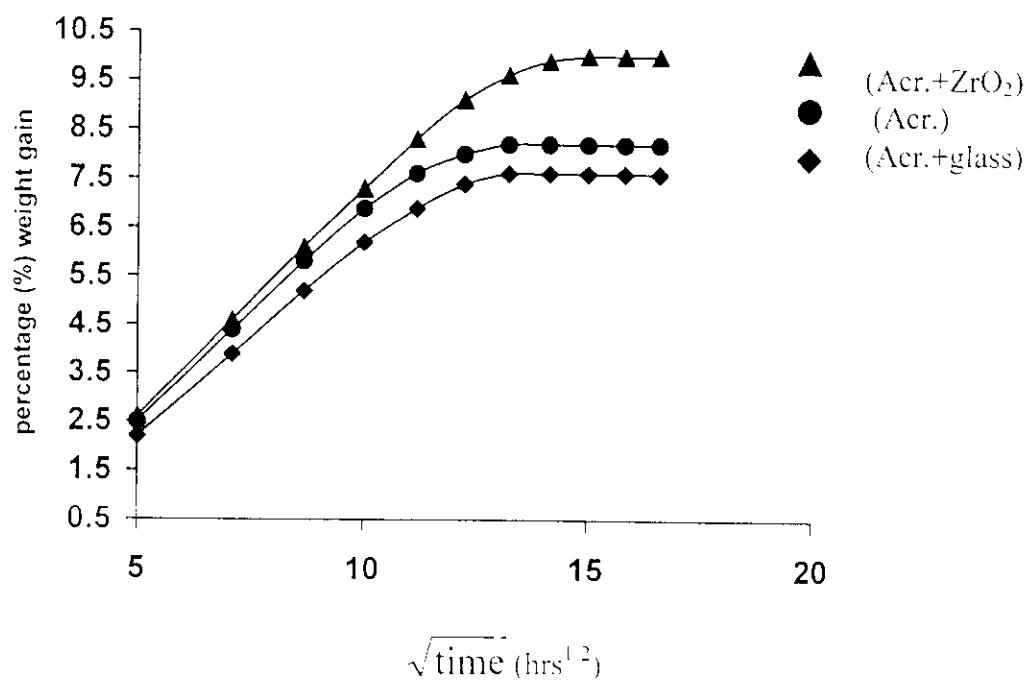
جدول رقم (2) : يبين قيم معامل التوصيل الحراري للعينات.

مسخنة	غير مسخنة		نوع العينة
	(W/m°C) K	(W/m°C) K	
0.159	0.210		Acr.
0.138	0.141		Acr.+glass
0.161	0.187		Acr.+ZrO ₂

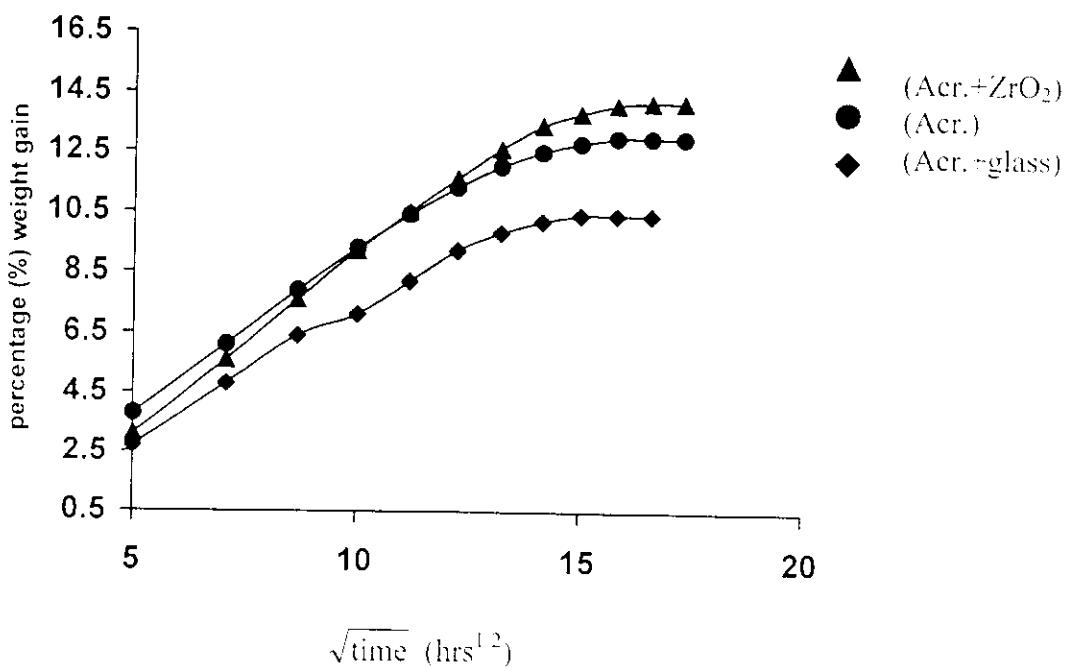
ويتفق هذا التفسير مع نتائج اختبارات معامل الانتشار (D) [عينات (Acr.+glass) و (Acr.+ZrO₂) و (Acr.)] الجدول رقم (3) إلا أنه حسب القيم من الشكلين (1a,1b) حيث يزداد معتملاً الانتشار (D) مع زيادة الفجوات [McCabe, 1985, Cal N.E. et. al., 2000] ويلاحظ تأثير إضافة الألياف الزجاجية ومسحوق الزركونيا في رفع مقاومة الأكريليك لامتصاص الماء وانتشاره حيث تتفوق عينة (Acr.+glass) في مقاومتها لامتصاص الماء العينة (Acr.+ZrO₂). وهذا يعود إلى أن الخاصية التي تميز الزركونيوم وهي امتصاصه القليلة والواطنة تجاه الماء [منصور، عبد النطيف، 1990] وانتشار إكسيده على سطح العينة والذي بدوره يمنع انتشار الماء داخل المادة المركبة كما وإنه ستكون أقل عرضة لتحلل المائي الذي يحدث الفجوات داخل المادة. وبتوسيع من زيادة معاملات الانتشار (D) [عينات المعدنية حرارية إلا أنها وبفضل الترابط الشبكي الحاصل فيها وما يخلفه من جزيئات أكثر مقاومة لتحلل المائي فإن كمية تشبعها (μm) تكون أقل مما يحصل في العينات الغير معاملة حراريا. لاحظ الشكلين (1a,1b).

جدول رقم (3) : يبين قيم معامل الانتشار للعينات.

معامل الانتشار ($D \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{sec}$)		نوع العينة
مسخنة	غير مسخنة	
2.240	1.388	Acr.
2.033	1.270	Acr. + glass
1.34	1.206	Acr. + ZrO ₂



الشكل (1a): العينات المعتمدة حرارياً



الشكل (1 b): العينات غير المعاملة حرارياً

يلاحظ في اختبار صلادة فكرز ومن القيم المبينة في الجدول رقم (4) إن صلادة العينات الغير معطرة تكون اكبر من صلادة تلك المغطترة ويعود ذلك إلى تأثير التحلل المائي لمادة الأسلاك وقدرتها تقليلات (Plasticizers) [McCabe,1985] وما يسببه ذلك من تضليل في نسبة المادة المركبة بشكل عام. إما بالنسبة للعينات المغطترة بالماء والمسخنة فإنها تكون ذات صلادة أعلى بسبب ما يحدث من ترابط تشتيكي ذو مقاومة عالية للتحلل كما ذكرنا سابقا، كذلك فإنه يزيد في الخواص الميكانيكية للمواد المسخنة، وهذا التغير ينطبق على نتائج اختبار مقاومة الانضغاط المبينة في الجدول رقم(5).

جدول رقم (4) : بين قيم صلادة فكرز (VHN) للعينات.

نوع العينة	معطرة بالماء		غير معطرة بالماء
	مسخنة	غير مسخنة	
Acr.	15.00	17.05	20.00
Acr.+glass	19.55	20.07	22.05
Acr.+ZrO ₂	15.91	17.97	20.14

جدول رقم (5): بين قيم مقاومة الانضغاط (MPa) لـ العينات.

نوع العينة	معطرة بالماء		غير معطرة بالماء
	مسخنة	غير مسخنة	
Acr.	65.553	69.569	70.000
Acr.+glass	76.598	81.188	77.745
Acr.+ZrO ₂	71.577	77.172	73.442

إن تفوق الخواص الميكانيكية للعينات المقواة بالأليف الزجاجية ناتج عن صلابة الألياف الزجاجية وترابطها القوي مع مادة الأسنان [Barns, 1978, Nagbal, 1995] وهذا واضح إذا ما قورنت العينات المقواة بمسحوق الزركونيا وعينات الأكريليك بدون تسليح.

الاستنتاجات

- ١- المواد المتراكبة ذات أساس الأكريليك والمسلحة بالألياف الزجاجية تكون ذات توصيل حراري أقل من تلك المسلحة بمسحوق لوكسيد الزركونيوم ومن المادة الغير مسلحة أصلًا.
- ٢- الأكريليك المساح بمسحوق الزركونيا يكون معامل انتشار الماء فيه أقل من الأكريليك المساح بالألياف الزجاجية والأكريليك الغير مسلح.
- ٣- اظهر التسليح بالألياف الزجاجية زيادة في الخواص الميكانيكية (الصلادة ومقاومة الانضغاط) أكبر مما هي عليه المواد المسلحة بالزركونيا.
- ٤- تسخين المواد المتراكبة بشكل عام أحدث زيادة في خواصها الميكانيكية وإنخفاض في معامل توصيلها الحراري وكذلك زيادة في معامل انتشار الماء فيها.
- ٥- بشكل عام تعطيس العينات بالماء حد الإشباع سبب انخفاضاً في خواصها الميكانيكية (الصلادة ومقاومة الانضغاط).

المصادر

- 1- Anderson J. C., Leaver K. D., "Material Science", 2nd Ed. (1975).
- 2- Ashby M. F. and Jones D. R.; "Engineering Materials 2: An Introduction to their Properties and Applications"; Cambridge University, England, (1999).
- 3- Barns R., "Polymer Plastic Technology Engineering", Vol.10, No.2, (1978).
- 4- Cal N.E., Hersek N., Sabin E., Water Sorption and Dimensional Changes of Dental Base Polymer Reinforced with Glass Fibers in Continuous Unidirectional and Woven Form, Int. J. Prosth., 13(6):487-493, (2000).
- 5- Dewimille B., composites, Vol.13, No.4, 1982, p.35.
- 6- Frank P., Gerstle J. R.; Composites: from "Polymers: An Encyclopedic Source Book of Engineering Properties" Edts. J. I. Kroschwitz, ISBN-471-85652-5, (1978), pp.62-106.
- 7- Gaylord I.M.; "Reinforced Plastics Theory and practice" Cambridge University Press (1974).
- 8- Khayat S. M., the fifth scientific conference Vol. 2 part 2, 1989, p.102-110.
- 9- McCabe J. F., "Anderson's Applied Dental Materials" 6th ed. Blackwell Scientific publications, (1985).
- 10- Nagbal A. K., "Journal of Polymer Materials", Vol.2, No.1., Oxford, Co., (1995).
- 11- Rodriguez F.: "principles of Polymer System": Second Edition, McGraw-Hill Chemical Engineering Series, ISBN 0-07-Y66514-1, (1985).
- 12- Rosen B. W. and Dow N. F. : Overview of composite Materials Analysis and Design: from "Engineering Materials Handbook composite, Vol.1 "Edts. ASM International, (1987) PP.175-180.
- 13- Shah V.H.: "Handbook of Plastics Testing Technology"; Society of Plastics Engineering, ISBN 0-471-0787-9, (1983).
- 14- Trojan F.: "Engineering Materials and Their Applications"; Second Edition, Houghton Mifflin Company / Boston, (1981).

- 15- إبراهيم محمود منصور، نوال عزت عبد الطيف، "استخلاص المعادن اللاحديدة، مطبوع دار الحكمة، (1990).
- 16- حسين جبار حسين، تدريم راتج الأبيوكسي ودراسة خواصه الميكانيكية والفيزيائية، المؤتمر السنوي لجامعة بابل، 2007.
- 17- ذئون محمد، كوركيس عبد آل آدم، "كيمياء الجرثيمات الكبيرة"؛ مطبوع دار السياسة، الكويت، (1980).
- 18- فحطان الخزرجي، "مبادئ هندسة المواد الالامعدنية"، جامعة بابل/ كلية الهندسة، (1994).

للح رقم (1) : مواصفات حبيبات الزركونيا (ZrO_2)

ملحق رقم (2): مكونات الألياف الزجاجية

52-56%	(Silicon dioxide)	ثاني أكسيد السيليكون
12-16%	(Aluminum oxide)	أكسيد الألمنيوم
5-10%	(Boric oxide)	أوكسيد البورات
0-2%	(Sodium oxide and Potassium oxide)	أوكسيد الصوديوم وأوكسيد البوتاسيوم
0-5%	(Magnesium oxide)	أوكسيد المغنتسيوم
16-25%	(Calcium oxide)	أوكسيد الكالسيوم
.....	(Barium oxide)	أوكسيد الباريوم
0-1.5%	(Titanium dioxide)	ثاني أوكسيد التيتانيوم
.....	(Zinc oxide)	أوكسيد الزنك
0-08%	(Iron oxide)	أوكسيد الحديد