مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد41 العدد(1) – 2025: 274-288

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 41 number (1) -2025: 274-288

تأثير إضافة(MgO) على بعض الخصائص الميكانيكية والحرارية لأنابيب البولي فينيل كلوريد (PVC) المعرضة لأشعة الشمس

محمد يونس حجازي*[1] محمد سمير البرزاوي[2]

*[1]. طالب دراسات عليا، جامعة دمشق، اختصاص علم المواد وهندستها. mohamdhj@gmail.com

[2]. استاذ مساعد في قسم هندسة التصميم الميكانيكي، جامعة دمشق، اختصاص مقاومة المواد البلاستيكية. MohamadAlBarzawi@Damascusuniversity.edu.sy

تاريخ الايداع: **2022/11/11**

تاريخ القبول: **2023/1/18**

حقوق النشر: جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

الملخص:

تم في هذا البحث دراسة تأثير مادة (MgO) على أنابيب البولي فينيل كلوريد (PVC) المعرضة لأشعة الشمس، حيث جرى تصنيع عينات محملة بنسب مختلفة من هذه المواد وتعريضها لأشعة (UV) الموجودة في اشعة الشمس التي تسبب تحلل مادة (PVC) بواسطة جهاز تقادم يحوي بداخله انابيب فلوريسنت، ومن ثم اجراء بعض الاختبارات الميكانيكية والحرارية (اختبار الشد، القساوة، الضغط الداخلي، الاوزان الساقطة، الارتداد الطولي (الاثر الحراري)، نقطة التلدين(نقطة فيكات))، حيث اظهرت النتائج أن العينات التي تحوي على 2%(MgO) أبدت أفضل الخواص الميكانيكية، كما أنها مناسبة للتطبيقات المعرضة للحرارة.

الكلمات مفتاحية: أنابيب بولي فينيل كلوريد (PVC)، أوكسيد المغنيزيوم(MgO)، الاشعة فوق بنفسجية (UV).

The Effect of Adding (MgO) on Some Mechanical and Thermal Properties of Polyvinyl Chloride (PVC) Pipes Exposed to Sunlight

Muhammad Yunus Hijazi*[1] Mohamad Samir AlBarzawi[2]

*[1]. Postgraduate Studies, Damascus University, specialization in Materials Science and Engineering. mohamdhj@gmail.com

[2]. Assistant Professor in the Department of Mechanical Design Engineering, Damascus University, specializing in the strength of plastic materials.

MohamadAlBarzawi@Damascusuniversity.edu.sy

Received:11 /11/2022
Accepted:18/1/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA

Abstract:

In this research, the effect of (MgO) on polyvinyl chloride (PVC) pipes exposed to sunlight was studied. Samples loaded with different percentages of these materials were manufactured and exposed to (UV) rays present in sunlight that causes the decomposition of PVC by means of an Aging device containing fluorescent tubes, and then conducting some mechanical and thermal tests (tensile test, hardness, internal pressure, fall weights, longitudinal rebound (thermal effect), annealing point (Vicat softining)), where the results showed that samples containing 2 % (MgO) showed the best mechanical properties and are suitable for applications exposed to hea.

Keywords: Polyvinyl chloride (PVC) pipes, Magnesium oxide (MgO), ultraviolet radiation (UV).

المقدمة:

لا تزال مادة البولي فينيل كلوريد (PVC)، مادة لا غنى عنها في كثير من التطبيقات على الرغم من تطوير مجموعة متنوعة من مواد البوليمر في صناعة البلاستيك، كما أن طبيعة مادة (PVC) يجعلها متفوقة من حيث المتانة، والقابلية للتشكيل، والقدرة على مقاومة الحريق مقارنة مع المواد البلاستيكية الأخرى[1]. بالإضافة إلى ذلك، يتم إظهار جودة تصميم مادة (PVC) من خلال القدرة على إنتاج مادة صلبة أو لدنة مع إمكانية إعادة التدوير، ويبرز ذلك من خلال القدرة على استخدامها في مجموعة واسعة جدًا من التطبيقات، مثل الأنابيب وبروفيلات النوافذ، نظراً لتكلفتها المنخفضة وكفاءتها الاقتصادية ومتانتها العالية[2]. ومع ذلك توجد مشكلة رئيسية في التطبيقات المعرضة للعوامل الجوية وأشعة الشمس حيث يحدث تحلل في بنيتها عندما تبدأ التفاعلات التي ينتج عنها إزالة (HCL) وذلك وفق المعادلة التالية:

$$(CH2\text{-}CHCL)_{n-} \rightarrow (CH{=}CH)_{n-} + nHCL$$

حيث يتغير لون المادة التي أساسها (PVC) من الأصفر إلى الأسود حسب درجات التحلل. بمجرد بدء التفاعل، تتعرض البوليمرات تدريجياً لتغييرات في الخواص الميكانيكية، الفيزيائية، الحرارية والكيميائية ويمكن أن تصل في النهاية التحلل والتفكك التام[4-3]. من الناحية النظرية، يجب ألا تمتص العديد من البوليمرات النقية الأشعة فوق البنفسجية، وبالتالي لا تخضع للتحلل الضوئي. ومع ذلك، من الناحية العملية، تحتوي معظم البوليمرات على شوائب مثل مجموعات الكربونيل أو الكربوكسي أو الهيدروبيروكسيدات التي تمتص الإشعاعات ذات الطول الموجي (400-290) نانومتر بسهولة مما يؤدي إلى تفككها. وبالتالي، يتم إنشاء مواقع داخل بنية البوليمر حيث يمكن بدء التفاعلات الكيميائية ونشرها بواسطة الجذور الحرة. قد تكون المجموعات النشطة موجودة نتيجة للتفاعلات التي تحدث أثناء البلمرة. وبالمثل، توجد الأيونات المعدنية في معظم البوليمرات كمخلفات من محفزات البلمرة، أو المواد المضافة (مثبتات الحرارة ومضادات الأكسدة والملونات والمواد المالئة وغيرها). تعمل أيونات المعادن على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية بشكل كبير، وهي فعالة في نقل الطاقة الممتصة إلى جزيئات البوليمر من حولها، وبالتالي، فإنها تعمل على زيادة التحلل في نفس الوقت الذي تؤدي فيه وظائفها المرغوبة. يساهم الأكسجين في التحلل الضوئي للبوليمرات، والذي يساعد أي جذور حرة قد تحررها الأشعة فوق البنفسجية لبدء أكسدة البوليمر وانتشارها، وهذا ما يسمى بالأكسدة الضوئية. تعاني مادة (PVC) من ضعف في الاستقرار الحراري. يحدث التحلل عن طريق إزالة الكلور بشكل ذاتي في سلاسل البوليمر. هذا يؤدي إلى تلون شديد وفقدان الخواص الميكانيكية [5-4]. عادة ما يتم إضافة المثبتات الحرارية غير العضوية والعضوية لحماية البوليمر من التحلل الحراري. لذلك لابد من وجود مادة تساعد في الحفاظ على الخصاص لميكانيكية والحرارية قدر الإمكان، مثل مادة (MgO) ومادة(ZnO) أو مادة البولي أثيلين المكلّور(CPE) تُعدُّ مادة أكسيد المغنيزيوم (MgO) من المواد الهامة التي تعطي مادة (PVC) مقاومة صدم عالية وبالتالي قدرة أكبر على مقاومة الاحمال الخارجية والصدمات اثناء النقل والتركيب وخلال فترة الاستثمار أيضاً.

1 .الهدف من البحث:

من المعروف أن البوليمرات تتحلل تدريجياً تحت تأثير الضغط البيئي، حيث يتضح ذلك في التغيرات التي تطرأ على المظهر الخارجي بالإضافة الى التغيرات في الخصائص الفيزيائية والميكانيكية. لذلك، تمت إضافة المثبتات والأصباغ الى هذه المادة لحمايتها، حيث أصبح تطوير مواد مثبتة جديدة عالية الكفاءة توفر ثباتاً لتطبيقات مادة (PVC) موضوعًا مهمًا لدى كثير من الباحثين[5]، حيث تم إضافة مادة ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2) والتي تُعدُّ

من أكثر المواد المضافة أهمية بالنسبة لمادة (PVC) المستخدمة في التطبيقات المعرضة لأشعة الشمس نظراً لامتصاصها الممتاز للأشعة فوق البنفسجية. بالنسبة لمعظم التطبيقات، كما تم استخدام (MgO) لتحسين صلابة ومتانة منتجات (PVC). درس عدد من الباحثين نواتج التحلل وآليات الأكسدة الضوئية لإضافات (PVC) المدمجة تحت ظروف التجوية المختلفة.

من هذه الدراسات:

1.2. قام A. J. Whittle و أخرون [6] (2001) بتقييم قوة وصلابة أنابيب (PVC) المعدلة حيث تم استخدام أنابيب (PVC) بنجاح لغرض نقل المياه لسنوات عديدة. ودراسة تأثير مستويات إضافة مختلفة ومنخفضة نسبيًا لمادة مقاومة للصدم على صلابة وقوة أنابيب (PVC-M)، باستخدام مجموعة متنوعة من الاختبارات. اظهرت نتائج البحث ازدياد مقاومة الصدم لأنابيب(UPVC) بازدياد تركيز (CPE).

2.2. قام (Fethi Kami¸sli) (2005) [7] بدراسة قابلية استخدام أكسيد المغنيسيوم مع ثاني أكسيد التيتانيوم في أبواب ونوافذ (PVC) حيث تم فحصها من حيث تغير اللون أو البهتان وبعض الخصائص الميكانيكية. لكل مركب مرتبط بكمية مختلفة من (MgO) و(TiO_2)، أظهرت النتائج أن إضافة (MgO) يقلل الأكسيد الموجود في المركبات وبالتالي يزيد من صلابة المادة.

3.2. قامت (Sihama I. Al-Shalchy) وآخرون [8] (2021) بتصنيع وتقييم الخصائص الميكانيكية لثلاثة أنواع من الخلطات والمركبات البوليمرية.

تم تحضير المجموعة الأولى من (بولي فينيل كلورايد: بولي بروبيلين (PVC: PP)) بنسب مختلفة من البولي بروبلين (5-10-15).

تتضمن الدراسة الحالية تأثير نسبة إضافة مادة (MgO) الى مادة (PVC) المستخدمة في صناعة الانابيب من حيث الخصائص الميكانيكية والحرارية وذلك بعد عملية التجوية المتسارعة باستخدام الاشعة فوق بنفسجية (UV).

3. المواد المستخدمة في البحث1.3. (Materials) البولي فينيل كلوريد (PVC):

عبارة عن مسحوق أبيض اللون كوري المنشأ صنع شركة SEUNGJIN ENTERPRISE، الصيغة الجزيئيةn (C_2H_3Cl) الكثافة g/cm^3 0,98، مقاومة الانضغاط Kgf/cm (87.5) الحرارة النوعية (0.25 0.4) cal/cm، درجة حرارة الاستعمال العظمى ^oC(80-104) يوضح الشكل (1) ريزين البولي فينيل كلوريد (PVC).

الشكل (1) ريزين البولي فينيل كلوريد (PVC)

2.3. أكسيد المغنزيوم(MgO):

عبارة عن مادة صلبة بلورية بيضاء غير عضوية، المنشأ مصر، صنع شركة الوطني، الوزن الجزيئي (40.304) g/mol، الكثافة g/cm^3 (3.581) يوضح الشكل(2) أوكسيد المغنزيوم (MgO).

الشكل (2) أوكسيد المغنيزيوم (MgO)

3.3. كربونات الكالسيوم ($caco_3$):

مسحوق أبيض ناعم، البلد المنشأ سوريا، الشركة المصنعة الثجاج للصناعات الكيميائية، الكثافة g/cm^3 (2,711)، نقطة الانصهار ^oC (1339)، الكتلة المولية (100,08) g/mol. يوضح الشكل (3) كربونات الكالسيوم ($CaCo_3$).

الشكل (3) كربونات الكالسيوم $CaCo_3$

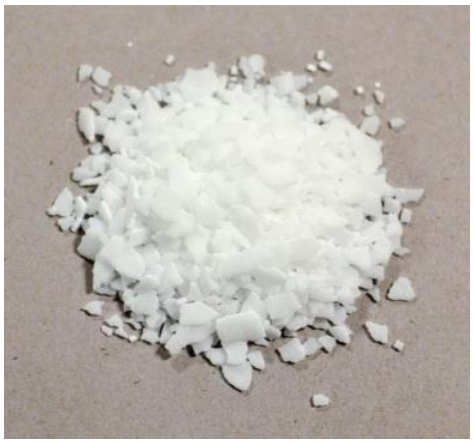
4.3. مادة مثبتة KN 500 stabilizer:

عبارة عن مسحوق أبيض كوري المنشأ، الشركة المصنعة (DANSUK)، النوع KN 500 الموضح في الشكل (4) مناسب لصناعة أنابيب(PVC) .

الشكل (4) مادة مثبتة (stabilizer)

5.3. حمض الشمع (Stearic Acid):

ماليزي المنشأ، الشركة المصنعة (KLK OlEO) ذي مظهر حبيبي اللون كما هو موضح في الشكل (5) درجة النقاء (99.2%)، نسبة اليود (max 0.8%).



الشكل (5) حمض الشمع(Stearic Acid)

6.3. شمع البارافين (paraffin wax):

صيني المنشأ الشركة المصنعة (B. D. U. T)تتراوح درجة الذوبان ما بين ^oC(68-46). الكثافة g/cm^3 (0,9). يوضح الشكل (6) شمع البارافين المستخدم.

الشكل (6) شمع البارافين(paraffin wax)

7.3. الملدن Plasticizer:

من الملدنات زيت ثنائي أوكتيل فتالات (DioctylPhthalate) المعروف (DOP) صيغته الكيميائية $C_{24}H_{38}O_4$ صيني المنشأ صنع شركة (ZhengzhouSan Techchem) سائل شفاف اللون كما هو موضح في الشكل (7) كثافته عند g/cm^3 (0,988) النقاوة(Min 99.5%) .

الشكل (7) زيت DOP

8.3. الكربون الاسود (هباب الفحم) Carbon Black N550 :

عبارة عن مسحوق أسود كما هو موضح في الشكل (8) يستخدم كصبغة لإعطاء المنتج اللون الرمادي أوكراني المنشأ، الشركة المصنعة (J. S. C. B. C. P) درجة النقاء % (99)، الكثافة g/cm^3 (0.3)، نسبة الرماد الأعظمية % (0.5).

الشكل (8) هباب الفحم (الكربون الاسود)

9.3. مادة مساعدة (Processing aid):

الشكل (9) المادة المساعدة لعملية التصنيع (Processing aid).

يتم إضافته كمادة مساعدة أثناء عملية المعالجة، عبارة عن مسحوق أبيض كما هو موضح بالشكل (9)، كوري المنشأ، الشركة المصنعة LG

4.تحضير العينات:

تم تحضير العينات الموضحة في الشكل (10) بقطر mm(75) سماكةmm(3) وفق المواصفة الألمانية DIN

(8062P) و المواصفة (ASTM D-17855) بنسب خلط كما هو موضح في الجدول (1) باستخدام آلة انتاج أنابيب ذات منشأ صيني و الشركة المصنعة (zhangjiagang Faygo Union Science Co)، الموضحة بالشكل (11).

الشكل(10) انتاج شركة Formul

الشكل (11) آلة انتاج أنابيب (PVC)

قبل عملية الانتاج تم خلط المواد بالنسب المحددة في الجدول (١) بواسطة خلاط خاص ذو منشأ صيني، الشركة المصنعة (zhangjiagang Faygo Union Science Co) والموضح في الشكل (12) حيث تبلغ سعة الخلاط العظمى 500 Kg، تمت عملية الخلط لمدة ساعتين تقريباً حيث تستمر عملية الخلط حتى تصبح درجة حرارة المزيج (120) ^{o}C تقريباً، وعند الوصول الى درجة الحرارة المطلوبة يقوم الخلاط أوتوماتيكياً بنقل الخليط الى وعاء التبريد حتى تصبح درجة حرارته ^{o}C (70) ومن ثم يتم اخراج الخليط.

الشكل (12) الخلاط (مازج المواد الاولية).

تم إبقاء الخلطات لمدة 24 ساعة على بعد عملية تصنيعها وذلك من أجل تبريدها بالإضافة الى إتمام عملية البلمرة بشكل كامل، ومن ثم تم تصنيع العينات على شكل أنابيب.

5. تعريض العينات للأشعة الفوق بنفسجية (UV):

تم تعريض العينات التي تم انتاجها بنسب مختلفة من المواد المضافة الى أشعة (UV) بواسطة جهاز التقادم (ageing) أو ما يعرف التجوية المسرعة الموضح بالشكل (13) ذي منشأ صيني الشركة المصنعة (GAOGE) والموجود في مخبر البولميرات في مركز الأبحاث والاختبارات الصناعية وفق المواصفة (ISO 4892) و(ASTM D4329-99)

الشكل(13) جهاز التقادم

حيث تم وضع العينات والتي يبلغ عددها 19 عينة بطول متر تقريباً لكل عينة ضمن الجهاز

الجدول (1) نسب المواد المضافة في كل خلطة مع إضافة مادة (TiO_2).					
رقم العينة	0	1	2	3	4
PVC-(K67)	100	100	100	100	100
(Stabilizer)	3	3	3	3	3
Steric (acid)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
(PE wax)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
(Processing aid)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
($CaCo_3$)	15	15	15	15	15
هباب الفحم	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
(MgO)	0	0.5	1.5	2.5	3.5

لمدة (30) يوم أي ما يعادل 28 سنة في الظروف الطبيعية حيث تتعرض العينات الى أشعة (UV) باستخدام أنابيب فلوريسنت والتي تصدر أشعة (UV) ذات طول موجي (270-313) نانو متر بالإضافة الى تيار من الهواء وبخار الماء.

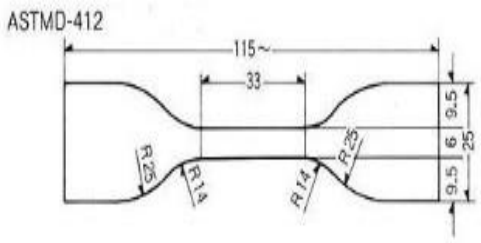
6. الطرائق التجريبية Experiments

1.6. القياسات الميكانيكية.

1.1.6. اختبار الشدّ (Tensile Test):

تم تحضير عينات الشد الموضحة في الشكل (14) وفق المواصفة (ASTMD-412) والتي تحدد أبعاد العينة كما هو موضح في الشكل (15)، تم تطبيق التجربة بسرعة شد (5) mm/min وتحديد قيمة اجهاد الشد والاستطالة النسبية الناتجة لكل عينة.

الشكل (14) عينات الشد المقتطعة من الانابيب



الشكل (15) أبعاد عينة الشد وفق المواصفة (ASTM D-412)

تم اجراء اختبار الشد والاستطالة النسبية باستخدام جهاز إنكليزي الصنع من شركة نوع (114 test) الموضح في الشكل (16).

الشكل (16) جهاز اختبار الشد

2.1.6. اختبار الصدم (الاوزان الساقطة):

الغرض منه التأكد من قدرة تحمل الانبوب لصدمة من كتلة محدده ساقطة من ارتفاع محدد باستخدام جهاز اختبار

الصدم (الاوزان الساقطة) صيني المنشأ الموضح في الشكل(17) حيث تم اجراء الاختبار وفق المواصفة (ISO 9854: 2010) وذلك وفق المراحل التالية:

الشكل (17) جهاز اختبار الاوزان الساقطة

– تم أخذ عينات من الانابيب المنتجة بطول Cm(20).

– تم أخذ أربع عينات من كل خلطة.

– تم رسم خطوط طولية على سطح العينة بالاتجاه الطولي للعينة بحيث ألا تقل المسافة بين أي خطين عن cm (5).

– تم ضبط الجهاز بحيث يسمح للرأس الضاربة بالسقوط الحر من ارتفاع m(2) على العينة.

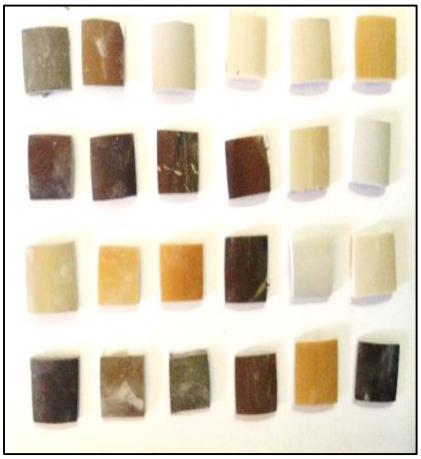
– توضع العينة على قاعدة التثبيت (حرف v) بحيث يكون أحد تلك الخطوط في أعلى الانبوب.

– اجراء الاختبار وذلك بالسماح للوزن الساقط بالاصطدام بالعينة حيث بلغ وزن العينة kg(2) وفى حالة عدم حدوث شرخ تدار العينة بحيث يأخذ الخط الثاني الوضع الأعلى للعينة ، تكرر هذه العملية إلى أن تنتهى الخطوط أو تنكسر العينة.

3.1.6.اختبار القساوة (Hardness Test):

تم اجراء اختبار القساوة وفقاً للموصفة (DIN-53505) عند درجة حرارة الغرفة، وذلك باستعمال جهاز (Digital Shore Hardness Tester) صنع شركة (Zwick) الالمانية والموضح في الشكل (18)، أبعاد عينة الاختبار mm (3*40*40)الموضحة في الشكل (19)، يظهر جهاز الاختبار قيمة القساوة الناتجة عن غرز إبرة معيارية في اختبار القساوة، حيث تم تكرار التجربة خمس مرات لكل عينة وأخذ المتوسط الحسابي لمجموع القراءات.

الشكل (18) جهاز اختبار القساوة



الشكل (19) عينات اختبار القساوة

4.1.6.اختبار الضغط الداخلي(Internal pressure test):

يهدف هذا الاختبار الى معرفة مدى تحمل الانبوب للإجهادات الناتجة عن الضغط الداخلي في درجات حرارة مختلفة خلال فترات زمنية مختلفة وفقاً للمواصفة (T8252 ISO1167)، تم استخدام جهاز الضغط الداخلي نوع (JINHAIHU) ذي منشأ صيني، حيث يوضح الشكل (20) جهاز الضغط، كما يوضح الشكل (21) عينة الضغط.

الشكل (20) جهاز اختبار الضغط

الشكل (21) عينة اختبار الضغط الداخلي

– تم أخذ عينة من الانبوب بطول cm(86).

– تم تنظيف العينة من المواد والشوائب العالقة بها (من الشحوم أو الزيوت) وذلك باستخدام الماء وقطعة قماش (يجب أن تكون العينة متساوية وليس بها أي حواف مدببة أو خدوش).

– تم قياس القطر الخارجي لكل عينة بالإضافة الى السماكة حيث تم تسجيل أقل سماكة.

– تركيب العينة في الرأس المعدنية (End Caps) ثم يتم غمرها في الحوض الخاص بالضغط عند درجة الحرارة التي سوف يجرى عندها الاختبار وابقائها عند درجة الحرارة المطلوبة لمدة لا تقل عن ساعة قبل رفع الضغط عنها.

– تم تطبيق ضغط داخلي Bar(35) لمدة ساعة كاملة عند درجة حرارة ^{o}C (60) وفقاً للمواصفة المستخدمة في هذا الاختبار.

2.6. القياسات الحرارية:

1.2.6. اختبار الارتداد الطولي (الاثر الحراري):

الغرض من هذا الاختبار معرفة تغير طول العينة بعد تعرضها للحرارة. بحيث لا تزيد النسبة المئوية للتغير في طول العينة على %(5). ويجب ألا تظهر أي تشققات أو أي فجوات أو أي تشوهات على الانبوب حيث تم في هذا الاختبار وفق المواصفة القياسية السورية (465) باستخدام الفرن الحراري نوع (Dipl. Lng. W. Ehret GmbH) الموضح في الشكل (22).

الشكل (22) الفرن الحراري

خطوات اختبار الاثر الحراري:

– تم أخذ عينة من الانابيب المنتجة Cm(20)

– تم وضع علامتين عرضيتين متوازيتين على العينة بحيث تكون المسافة بين العلامتين Cm(10) وذلك بقلم رفيع على أربعة مناطق على مدى قطر الانبوب.

تم وضع العينة بالفرن الحراري عند درجة حرارة ^{o}C (150) درجة مئوية وتترك العينة بالفرن لمدة (60) دقيقة كما هو محدد في المواصفة.

2.2.6. اختبار درجة حرارة التلدين (نقطة فيكات) (VICAT Softening):

درجة حرارة التليين (Vicat)، هي تحديد درجة التليين للمواد التي ليس لها نقطة انصهار محددة، مثل البلاستيك وتستخدم من اجل مقارنة الخصائص الحرارية للمواد البلاستيكية المختلفة. يتم تعيينها على أنها درجة الحرارة التي يتم فيها اختراق العينة إلى عمق mm(1) بواسطة إبرة ذات نهاية

مسطحة ذات مقطع عرضي دائري أو مربعmm^2(1). بالنسبة لاختبار Vicat A، يتم استخدام حمولة N (10). بالنسبة لاختبار Vicat B، يكون الحمل N (50). تم اجراء الاختبار وفق المواصفة (ASTM D 1525) باستخدام جهاز من انتاج شركة (ualitest) نوع (HV-3000) والموضح في الشكل (23)، حيث تم اعتماد حمولة N (10) وارتفاع تدريجي للحرارة بمعدل (120)°C/h.

الشكل (23) جهاز اختبار الاثر الحراري

7. نتائج الاختبارات ومناقشتها

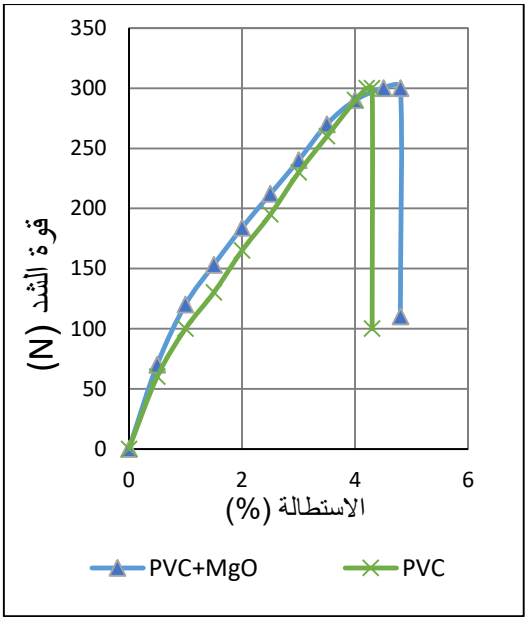
(Test results and discussion):

1.7. نتائج الاختبارات الميكانيكية (Mechanical properties):

1.1.7. نتائج اختبار الشد:

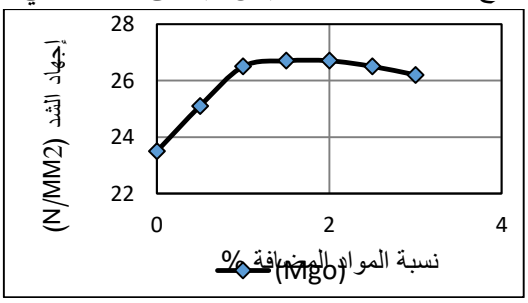
اختبار الشد (tensile strength):

يوضح الشكل (٢٤) نموذج لمخطط الشد والاستطالة لعينة (PVC) دون اضافة وعينات محملة بمادة (MgO)، حيث تتأثر قوة الشد لمادة (PVC) المعرضة لأشعة الشمس وذلك تبعاً لتغلل الاشعة فوق البنفسجية (UV) الناتجة عن أشعة الشمس في البنية الداخلية فعند ازدياد عمق التغلغل تنقص مقاومة اجهاد الشد.



الشكل (24) مخطط الشد والاستطالة النسبية لعينة من مادة (PVC) محملة بمادة (MgO)

كما يوضح الشكل (25) تغير قيمة اجهاد الشد عند الانقطاع بتغير نسبة اضافة (MgO) على النحو التالي:



الشكل (25) العلاقة بين نسبة اضافة (MgO) واجهاد الشد عند الانقطاع

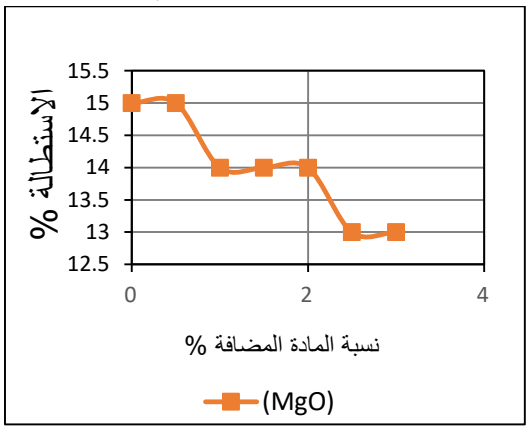
-عند النسبة % (0)، كانت أخفض قيمة لمقاومة الشد ويعود ذلك لقوة تأثير الاشعة فوق البنفسجية وتغلغلها بشكل كبير حيث تتشكل الجذور الحرة بشكل أكبر ولمسافة أعمق داخل السطح مما يؤدي الى انقطاع في السلاسل العملاقة للبوليمير وبالتالي تراجع في الخصائص الميكانيكية.

-عند نسبة اضافة حتى %(2) يلاحظ ازدياد مقاومة الشد ويعود ذلك منع استمرار تغلل اشعة (UV) الى مسافة عمق وبالتالي الحد من تشكل الجذور الحرة. ويعود ذلك الى الدور الاكبر الذي تقوم به جزيئات (MgO) في زيادة المتانة. ومن

ثم تبدأ مقاومة الشد بالانخفاض بشكل تدريجي حتى نسبة اضافة %(3) ويعد سبب ذلك الى اكتساب مادة (PVC) صفة الهشاشة.

خواص الاستطالة:

يوضح الشكل (26) العلاقة بين الاستطالة عند الانقطاع ونسبة (MgO) المضافة الى مادة (PVC)



الشكل (26) العلاقة بين الاستطالة عند الانقطاع ونسبة (MgO) المضافة الى مادة (PVC)

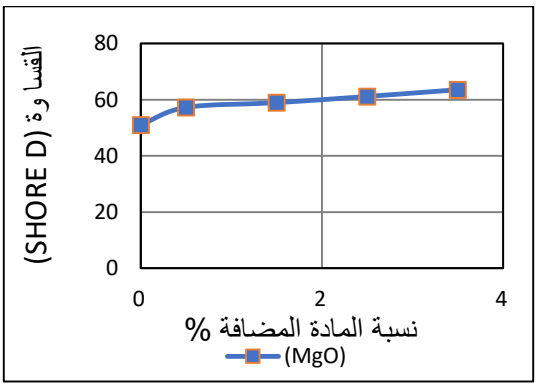
حيث نلاحظ عند اضافة مادة (MgO) انخفاض الاستطالة بشكل تدريجي حتى نسبة اضافة %(3.5)، ويعود سبب ذلك الى عدم قدرة مادة (MgO) على منع تغلل أشعة (UV) والبتالي ازدياد صفة الهشاشة.

2.1.7. نتائج اختبار الاوزان الساقطة:

أظهرت نتائج الصدم، تفاوت قدرة العينات على تحمل الصدمات وذلك على النحو التالي: عند اضافة (MgO) كانت قدرتها على تحمل الصدمات أخفض بسب صفة اكتساب العينات صفة الهشاشة حيث تحطمت جميع العينات بعد الصدمة الرابعة عدا العينة الغير محملة حيث تحطمت بعد الصدمة الثانية.

3.1.7. نتائج اختبار القساوة:

تعتبر القساوة من الخصائص الميكانيكية الهامة والتي تمكّن المادة من الحفاظ على سطحها متماسكاً تحت تأثير الاحمال الخارجية، حيث تتأثر هذه الخاصية في مادة (PVC) بعدة عوامل أهمها المواد المضافة ونسبة أضافتها ومن أهم هذه المواد الملدنات (plasticizer) التي تتأثر بأشعة الشمس على المدى البعيد وتنخفض نسبتها في المادة مما يؤدي الى ازدياد صفة الهشاشة. يوضح الشكل (27) القساوة لعينات (PVC) محملة بنسب مختلفة من (MgO) والمعرضة لأشعة (UV):



الشكل (27) القساوة لعينات (PVC) محملة بنسب مختلفة من (MgO) والمعرضة لأشعة (UV)

يلاحظ من الشكل ازدياد قساوة العينات بشكل متفاوت مع ازدياد نسبة اضافة (MgO)حيث تقوم مادة (MgO) الى زيادة الوزن الجزيئي وبالتالي زيادة في القساوة.

4.1.7. نتائج اختبار الضغط الداخلي:

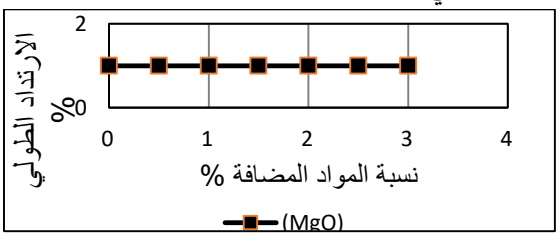
بعد أن تم تطبيق الضغط الداخلي على عينات من مادة (PVC) محملة بنسب مختلفة من مادة (MgO) ولمدة ساعة كاملة عند درجة حرارة C° (60) حيث ظهرت شقوق وشروخ وانتفاخات بسبب اكتساب العينات صفة الشاشة بعد تعريضها لأشعة (UV)، حيث يوضح الشكل (28) أحد هذه العينات:

الشكل(28) أحد العينات المتشققة نتيجة اختبار الضغط الداخلي

2.7. نتائج القياسات الحرارية:

1.2.7. نتائج اختبار الاثر الحراري:

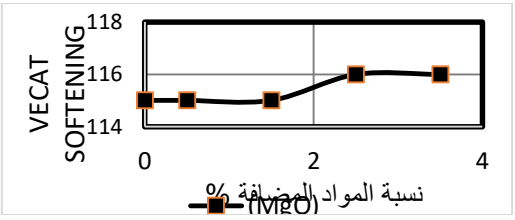
يوضح الشكل (29) مقدار الارتداد الطولي الناتج عن الاثر الحراري الذي تعرضت له عينات (PVC) المحملة بنسب مختلفة من (MgO) حيث أظهرت النتائج ثباتاً في نسبة الارتداد الطولي لهذه العينات.



الشكل(29) الارتداد الطولي عينات (PVC) المحملة بنسب مختلفة بالمواد (MgO)

2.2.7. نتائج اختبار درجة حرارة التلدين (نقطة فيكات) (VICAT Softening):

يوضح الشكل (30) قيمة نقطة فيكات لعينات(PVC) محملة بنسب مختلفة من (MgO) والمعرضة لأشعة (UV)، حيث لوحظ ارتفاع تدريجي في درجة حرارة التلدين لجميع العينات مع ازدياد نسبة الاضافة وذلك بسبب تأثير أشعة (UV) على لدونة العينات فعند ازدياد تأثير أشعة(UV) تزداد خسارة المواد الملدّنة نتيجة التفاعلات الحاصلة وبالتالي زيادة في قساوة العينات.



الشكل (30) تأثير (MgO) على درجة حرارة تلدين مادة PVC (Vicat Softening) المعرضة لأشعة (UV)

8. الاستنتاجات:

١- تزداد مقاومة الشد لمادة (PVC) بعد التعرض لأشعة (UV) مع ازدياد نسبة (MgO). كما تنقص الاستطالة النسبية مع ازدياد نسبة هذه المادة حيث تزداد صفة الهشاشة.

٢- تزداد خاصية القساوة لمادة (PVC) بعد التعرض لأشعة (UV) مع ازدياد نسبة (MgO).

٣- تنخفض مقاومة الصدم (الاوزان الساقطة) عند تحميل مادة (PVC) بمادة (MgO) بسبب ازدياد صفة الهشاشة الناتجة عن تأثير أشعة (UV) الموجودة في اشعة الشمس.

٤- تنخفض قدرة العينات المحملة بمادة (MgO) على مقاومة الضغط الهيدروستاتيكي الداخلي.

٥- العينات التي تحوي على مادة (MgO) أظهرت ثباتاً في قيمة الارتداد الطولي الناتج عن الاثر الحراري.

٦- تزداد درجة حرارة التلدين(نقطة فيكات) عند التحميل بمادة (MgO) حتى نسبة تحميل %(2.5) ومن ثم تزداد مع ازدياد درجة حرارة التحميل.

٧- يؤدي كلُ من زمن ودرجة حرارة المزج في الخلاط قبل الدخول الى حجرة التلدين والبثق دوراً كبيراً في توزّع المواد المضافة وتجانسها.

٨- تعطي مادة (PVC) أفضل الخصائص الميكانيكية والحرارية عند نسبة اضافة (MgO)%2.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل(501100020595).

9. (REFERENCES):

[1]- J. M. Waller, K. Lindsborg" UV Light Stabilized Polyvinyl Chloride Composition" US Patent 5,030,676 (1991).

[2]- R. H. Hallas" Additives for plastics-UV stabilizers" Plast. Eng. 32 (1976) 15–19.

[3]- H. Andreas" PVC stabilizers" in: R. Gachter, H. Muller (Eds.), Plastics Additives Handbook, Hanser Publisher, New York, 1984,p. 193.

[4]- D. Braun" Thermal degradation of polyvinyl chloride" in: N. Grassie (Ed.), Development in Polymer Degradation, vol. 3, Applied Science Publishers, London, 1981, p. 101.

[5]- W.L. Hawkins" Polymer Stabilization, Wiley/Interscience" New York, 1972, p. 131.

[6]- A. J. Whittle (2001) "Assessment of strength and toughness of modified PVC pipes" Plastics, Rubber and Composites 2001 Vol. 30 No. 9.

[7]- Fethi Kami¸ A study on usability ofmagnesium oxide with titanium dioxide in PVCdoor and window profiles, Journal of Materials Processing Technology 159 (2005) 40 –47.

[8]- Sihama I. Al-Shalchy "Mechanical Properties of Polyvinyl Chloride and Polypropylene Hybrid Polymeric Nanocomposites for Structural Applications " (2020) International Journal of Nanoelectronics and Materials(249-262).