

## مدى إمكانية استخدام أنابيب PVC (البولي فينيل كلورايد) في شبكات الصرف الصحي (المياه الباردة والساخنة)

الدكتور محمد نهاد علي كردية\*

الدكتور ربيع أحمد حبيب\*\*

(تاريخ الإيداع 27 / 5 / 2008. قُبِلَ للنشر في 9/4/2009)

### □ الملخص □

تم استخدام جهاز (قلم على قرص) لدراسة نسبة التآكل لأنابيب PVC المستخدمة في شبكات الصرف الصحي تحت ظروف جافة (تحت تأثير الحمل والسرعة وزمن الاختبار).

أظهرت النتائج أن نمط التآكل يعتمد على الحمل: تحت تأثير الحمل المنخفض يلاحظ وجود تآكل حاد خلال المرحلة الأولى من عمر العينة (المرحلة الابتدائية من مخطط التآكل)، بينما يظهر تآكل الالتصاق تحت تأثير الحمل العالي وفي مرحلة التآكل الحاد مع وجود منطقة شبه ثابتة لنسبة التآكل بين هاتين المنطقتين، ولكن عند بداية انهيار العينة (انتشار حرارة عالية) يظهر تآكل حاد.

تم دراسة نمط التآكل الحاصل بأنابيب PVC بتحليل السطح المتآكل بواسطة المجهر الضوئي، ولوحظ أن نسبة التآكل تزداد بشكل بسيط مع زيادة سرعة الانزلاق في مرحلتَي التآكل الحاد (Abrasive) والالتصاق (Adhesive) لأنابيب الصرف الصحي (للمياه الباردة والساخنة). ولوحظ أن نسبة التآكل تزداد تحت تأثير الحمل وزمن التآكل في أنابيب PVC المستخدمة في الصرف عند المياه الساخنة بقيمة أكبر منها بالنسبة لأنابيب المياه الباردة.

**الكلمات المفتاحية:** البولي فينيل كلورايد، المواد البوليميرية الحرارية، شبكات المياه، أنابيب المياه الباردة والساخنة، نسبة التآكل، الحمل، سرعة الانزلاق، زمن الاختبار، جهاز قلم على قرص.

\* مدرس - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.  
\*\*أستاذ مساعد - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Using "PVC" Pipes in the Sanitation Draining Network (Hot & Cold Water)

Dr. Mohammad Nihad Ali Kurdieh\*  
Dr. Rabie Ahmed Habeeb\*\*

(Received 27 / 5 / 2008. Accepted 9 / 4 / 2009)

### □ ABSTRACT □

A pin-on-disc apparatus has been used to study the wear rate of PVC pipes, used in the sanitation network, in dry conditions (under the impact of speed, load, and test duration).

The findings have shown that the wear pattern depends on load: with light load, abrasion wear has been observed during running-in period (initiation phase of wear curve), whereas adhesion wear has occurred at higher pressures and at the severe wear phase: an almost stable zone of wear percentage between these two zones appears. However, at the failure phase of the specimen (high temperature), a rapid wear rate has been observed.

The pattern of wear has been examined by analyzing the worn surface by means of a microscope. It has been observed that the wear rate increases slightly with increasing sliding speed in the abrasive and adhesive wear phases of PVC pipes (carrying hot and cold water). It has also been observed that increase in wear rate is affected by load wear-duration of PVC pipes, used in drainage hot-pipes, and higher than that in the other type (cold).

**Key words:** PVC, Thermoplastic Materials, Water Network, Hot and cold water pipes, Wear rate, Load, Sliding speed, Sliding time, pin-on-disc apparatus.

---

\*Assistant Professor, Department of Production & Design Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\* Associate Professor, Department of Mechanical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

إن السبب الأساسي لانتهيار الأنابيب البلاستيكية هو تعرضها للتآكل والاحتكاك إضافة للشروخ والتشققات. يبدأ الشرخ بالنشوء بشكل عيوب مجهرية نتيجة الاحتكاك مع المواد العالقة بالمياه ونتيجة تأثير الإجهاد، الذي يتركز (زيادة الحمل) عند مقدمة الشرخ نتيجة الضغط الداخلي في الأنبوب، ينمو الشرخ بدوره خلال العمر الزمني للأنبوب حتى حدوث تمام الانهيار. ينسب انهيار الأنابيب لبعض العوامل منها: 1- ضغط التربة على الأنابيب المدفونة، 2- تركيز الإجهادات عند الوصلات بين الأنابيب، 3- والأحمال المتغيرة المسببة بمرور الناقلات [1,2]. يزداد معامل الاحتكاك لمادة PVC والبولي كاربونات PC بشكل بسيط مع زيادة التدعيم بنفس اتجاه الجزيئات عندما يحدث الانزلاق في اتجاه عمودي على اتجاهها. تزداد قيمة معامل الاحتكاك وتكون أعظمية بحدوث الانزلاق باتجاه عمودي على عملية إعادة توجيه الجزيئات [3]. يعتمد نمط تآكل الخلائط القاسية عند احتكاكها بالبوليميرات مثل البولي تيترا فلورو إيثيلين والبولي إيثيلين عالي الكثافة أو مركباتها على تركيب البنية الكيميائية للبوليمير. يسود نمط التآكل الميكانيكي الحاد في هذه المركبات عند احتكاكها بالخلائط المعدنية القاسية. ويعتمد نوع التآكل على قدرة المادة المركبة المشكلة طبقات الاحتكاك المنقولة إلى سطح المادة القاسية المحتكة [4]. تبلغ نسبة تآكل البوليستر غير المشبع المدعم بالألياف أقل قيمة لها، ويزداد معامل الاحتكاك عندما يتم التسليح بنسبة 15% من ألياف القنب والكتان وباتجاه عمودي على اتجاه الانزلاق للمادة المركبة. بينما تقل نسبة التآكل بازدياد نسبة مادة التدعيم، وتبلغ نسبة التآكل أقل قيمة لها عند توجيه الألياف بشكل عمودي ولاسيما عند نسبة 20% من مادة التدعيم. تنهار مادة البوليستر غير المسلح بتشكيل هضبات متآكلة (Traces) ضمن المنطقة المتلدنة. تقلل الألياف الأطول من نسبة التآكل بسبب انغماسها في المادة الأساس [5]. تقل نسبة التآكل لمادتي النايلون المسلح بألياف زجاج والأسيتال المسلح بألياف زجاج مع زيادة سرعة الانزلاق تحت تأثير حمل طبيعي، وتميل نسبة التآكل لتبقى ثابتة تحت الأحمال العالية بزيادة سرعة الانزلاق. تقل نسبة التآكل أيضاً (أو تبقى ثابتة) مع ارتفاع قيمة الحمل الطبيعي لمادة الأسيتال المدعمة بنسبة 30% من ألياف الزجاج [6].

يبين تحليل أنابيب البلاستيك أن انهيارها يحدث نتيجة نمو الشرخ البطيء. يوجد علاقة مباشرة بين مستوي التلف وعمر مادة البولي فينيل كلورايد والتي تؤخذ من الأنبوب. تزداد فإن قيمة تركيز الإجهاد عند مقدمة الشرخ بنموه الشرخ خلال جدار الأنبوب. تزداد نسبة تقاوم الشرخ ويحدث انهيار سريع بالمادة عند وصول قيمة عامل تركيز الإجهادات لقيمة حرجة. تصبح الإجهادات عند مقدمة الشرخ عالية، ويمكن أن تتجاوز إجهاد الخضوع للمادة، عند نمو الشرخ خلال جدار الأنبوب، ويزداد أيضا بشكل مترافق مع الشرخ ونصف قطر المنطقة المتلدنة [7].

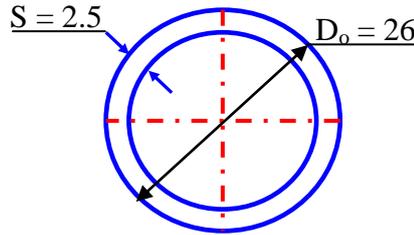
**أهمية البحث وأهدافه:**

ينحصر هدف البحث في دراسة تغير نمط التآكل ونسبته في مادة البولي فينيل كلورايد PVC، لتحديد العمر التقديري لعملها عند استخدامها كأنايبب تمديد المياه للصرف الصحي (الباردة والساخنة) ومدى فاعليتها عند درجات الحرارة، نتيجة لوجود مواد عالقة بالمياه تحك بالسطح الداخلي للأنبوب مما تزيد بنسبة التآكل المرتبطة بعمر العينة التقديري وعمر صلاحيتها للعمل في التمديدات، تحت ظروف مختلفة من الحمل والسرعة وزمن الاختبار.

**طرائق البحث ومواده:**

**1 تحضير العينات:**

المواد المستخدمة في البحث هي مادة البولي فينيل كلورايد PVC المنتشرة بشكل واسع، وهي مواد لا بلورية صلبة، وثمنها منخفض. وتصنع منها أنابيب تستخدم في شبكات توزيع المياه لفترة طويلة من العمر وبشكل مدفون تحت التراب، وتتمتع بمقاومة ممتازة لنمو الشرخ البطئ وبالتالي لها عمر خدمة طويل، ومصنوعة بطريقة البثق بشكل أنبوب بثخانة  $2.5 \text{ [mm]}$  وقطر خارجي  $26 \text{ [mm]}$  وتحت ضغط حوالي  $10 \text{ [bar]}$ .  
تم استخدام العينة المختبرة بشكل حلقة لدراسة تآكل السطح الداخلي للأنبوب المتعرض للمواد العالقة بالمياه. أبعاد عينة الاختبار مبينة في الشكل (1).



الأبعاد بالميليمتر.

الشكل (1): الأبعاد الأساسية لمقطع الأنبوب

الجدول (2) يبين الأبعاد الأساسية لعينة الاختبار المستخدمة في تمديدات المياه.

الجدول (2) الأبعاد الأساسية لعينة الاختبار من ال PVC

الرمز	PVC
Do [mm]	26
Di [mm]	21
S [mm]	2.5

حيث:

$D_o$  هو القطر الخارجي (مم)  $D_i$  هو القطر الداخلي (مم)  $s$  هي ثخانة مقطع الأنبوب (العينة) (مم)  
تم قطع كل العينات بواسطة منشار كهربائي دقيق دون استخدام التبريد بسبب عدم ارتفاع درجة الحرارة بشكل عال ولقصر زمن القطع، بعدها تم تشغيل السطح المستوي للعينة على كلا الجانبين للوصول إلى عينة ثابتة الأبعاد في كل الاختبارات.

تم ترك العينات لمدة قدرها حوالي 20 ساعة لضمان إزالة الإجهادات المتبقية الناتجة عن القطع والتشغيل.  
تم اختبار عينات ال PVC لكلا النوعين تحت تأثير البارامترات التالية: الحمل، السرعة، وزمن الاختبار.

**2 الخواص الميكانيكية للعينة المختبرة:**

- المواد هي من منتجات شركة الرشيد في السعودية باختبار ISO S- 5:

الجدول (1) يبين الخواص الميكانيكية لهذه المنتجات:

الجدول (1) الخواص العامة لمادة ال PVC

الخاصية	القيمة
الكثافة $\rho$	1.39 [g/cm <sup>3</sup> ]
معامل المرونة (يونغ) E	2.6 [GPa]
إجهاد الخضوع $\sigma_y$	31 [MPa]
درجة حرارة الانصهار $T_m$	212 <sup>0</sup> C
إجهاد (مقاومة) الشد $\sigma_t$	32 [MPa]
إجهاد (مقاومة) الصدم	21.3 to 1170.4 [J/m]

### 3 اختبار التآكل:

تم استخدام جهاز Pin-on-Disk لإجراء هذه الاختبارات ضمن الشروط الموافقة لتشغيل أنابيب المياه عملياً. ويبين الشكل (2) آلة الاختبار المستخدمة، وهي جهاز الصقل (Polishing) (قلم على قرص) لدراسة التآكل تحت تأثير أحمال وسرعات مختلفة.



الشكل (2): جهاز الاختبار المستخدم (polishing machine)

- 1- خلية الحمل (بلاستيكية) 2- الحمل المطبق (ستانلس ستيل) 3- أنبوب التزييت 4- ذراع التثبيت 5-
- القرص الفولاذي الدوار 6- عينة الاختبار (قلم) 7- حامل العينة 8- مفتاح التشغيل الأساسي 9-
- مفتاح تغيير السرعات 10- مفتاح تدفق سائل التبريد 11- الذراع المتحرك .

يتألف الجهاز من قرص فولاذي دوار مثبت على طاولة الجهاز ويدور بسرعات دورانية مختلفة من المحرك الكهربائي. تحمل العينات والقرص بشكل شاقولي من خلية الحمل، ينتقل الحمل خلال الذراع إلى حامل العينة المثبت به ويدوره يوزع كل الحمل على مساحة التماس المقطوعة من السطح الداخلي للأنبوب.

#### 4 المؤشرات الأساسية:

من أجل مقارنة الخواص التريبولوجية للمواد المختلفة، فإن بارامترات وظروف التشغيل يجب أن تكون متشابهة لكل العينات وكافة الاختبارات.

تم اختبار العينات عند درجة حرارة المختبر ( $28^{\circ}\text{C}$ ) في فصل الربيع حيث الرطوبة حوالي 30% تم الحفاظ عليها بعزل الجهاز ضمن غرفة صغيرة، ومؤشرات التشغيل هي:

سرعة الانزلاق: 50[r.p.m] (0.52m/s) و 150[r.p.m] (1.57m/s) و 250[r.p.m] (2.62m/s).

الحمل المطبق: dead weight, 10[N], 25[N], and 40[N].

زمن الانزلاق: 50, 100, 125, 175, 200, and 300 [min].

مساحة التماس الفعلية:  $184\text{mm}^2$  لكلا النوعين PVC و C-PVC.

يتم حساب ضغط التماس من العلاقة:

$$P = \frac{W}{A_{app}}$$

حيث:

$W$  - الحمل المطبق (نيوتن)

$A_{app}$  - مساحة سطح التماس الظاهرية ( $\text{مم}^2$ )

#### النتائج والمناقشة:

**ملاحظة:** أجريت الاختبارات في مخابر كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة تشرين (جهاز لدراسة التآكل بين العينات وعمود من الحديد مثبت في ظرف المخرطة التي تعطي السرعات المختلفة) وفي مخابر كلية الهندسة بجامعة الملك خالد بالسعودية بالاستعانة بجهاز صقل السطوح Polishing.

أظهرت الاختبارات والتجارب النتائج التالية:

##### 1. التعليق ومناقشة النتائج:

نتيجة لتآكل ال PVC (ساخن أو بارد)، ظهرت بودة بيضاء، وهي من مادة الكلورين chlorine (المادة الأساسية في تركيب مادة PVC) والتي تشير إلى تشكل نمط جديد للتآكل الحات 3-body، وهذه البودة تشبه حبيبات مجهرية صغيرة الحجم تلتصق بالقرص الفولاذي، وتنفصل عنه بسهولة، وتقلل التآكل ولكن ليست كمادة تزييتية.

في بداية التآكل يكون نمط التآكل هو الحات ولكن بعد تشكل بودة الكلورين البيضاء يصبح تآكل التصاق (Adhesion) أي تلتصق المادة بسطح البوليمير نتيجة الحرارة العالية. نلاحظ ارتفاع درجة الحرارة التي تسبب ازدياد نسبة التآكل لأن المادة أصبحت في الحالة اللدنة، ولكن باستمرار الزمن والتبريد الهوائي تعود المادة لحالتها بعد عدة دقائق. كذلك يصدر التآكل صوت ضجيج بسيطاً نتيجة الاحتكاك الجاف (بدون تزييت) حيث يزداد التآكل بشكل كبير نتيجة التماس التام بين الجسمين ثم يختفي الصوت.

## 2. نتائج السلسلة الأولى من الاختبارات:

تبين الأشكال من (4) إلى (6) تغيير نسبة التآكل (فقدان الكتلة "حسب القانون") عند مساحة تماس فعلية تساوي (184[mm<sup>2</sup>]) مع تغير زمن الاختبار (50, 100, 125, 175, 200, 300 [min])، تحت تأثير حمل (10N) وسرعة انزلاق (50 دورة/دقيقة).

تزداد نسبة التآكل بشكل حاد مع زيادة زمن الاختبار (في المرحلة الأولى من الاختبار) ولكن عند زمن من 100 إلى 225 دقيقة فإن الزيادة بنسبة التآكل تقريباً تكون ثابتة، بعدها يزداد بشكل كبير عند زمن طويل من الاختبار. تُبين كل الأشكال أن نسبة التآكل تزداد مع الزمن في ظروف عدم تزييت. وقد وجد نسبة تآكل غير ثابتة في المرحلة البدائية من مخطط التآكل.

يزداد التآكل في المرحلة الثانية، مع استمرار زمن الاختبار، وأخيراً تصبح الزيادة كبيرة جداً حتى نهاية الاختبار.

في الفترة الابتدائية، عندما يكون التماس تاماً بين المعدن والبوليمير، يبدو سطح البوليمير مخدداً، هذا يعطي زيادة بفقدان حبيبات من البوليمير والتي تحدث بين سطحي التقابل وتبدأ هذه الحبيبات المفقودة عند سطح التماس بحك السطح على طوله مع تخديده دون تغيير بمواصفات المادة الأساسية، وتعطي هذه الحبيبات الحاكة زيادة بفقدان حبيبات أكبر لها حواف حادة كالكسكين.

في نهاية المرحلة الأولى، تصبح الحبيبات أصغر حجماً نتيجة الاحتكاك بالسطوح المقابلة. حالما تصبح حبيبات الكلورين بحجمها الصغير، تنتشر بين السطحين المتماسين ويتشكل طبقة رقيقة من هذه الحبيبات والتي تعطي تقريباً فقدان بالوزن شبه ثابت في المرحلة الثانية [4,5].

أجريت بعض الاختبارات من أجل دراسة تأثير بعض البارامترات على نمط التآكل مثل تغير سرعة الانزلاق تحت تأثير حمل ثابت. تهدف هذه الاختبارات أيضاً، إلى التعرف على أنماط تآكل مادة البولي فينيل كلورايد.

يتم إزالة الرايش (البودرة) الناتج قبل كل اختبار عن السطح ثم ينظف سطحي التماس. يتم وزن العينة باستخدام ميزان حساس دقيق بحساسية 0.0001 g. هذه الاختبارات أنجزت تحت تأثير حمل ثابت، سرعة انزلاق ثابتة، وزمن متغير. تم وزن العينة خلال أزمنة متناسبة لكل العينات، ثم تعاد العينة لماسكها في آلة الاختبار ويستمر الاختبار وبعدها توزن العينة ويحسب الفرق في الوزن قبل وبعد الاختبار والذي يدل على نسبة التآكل.

تم قياس نسبة التآكل ورسم مخطط التآكل مع زمن الاختبار. ثم تم تحليل سطح عينة ال PVC لدراسة نمط التآكل خلال كامل زمن الانزلاق (زمن التجربة).

## 3. نتائج السلسلة الثانية من الاختبارات:

### أ. عند الحمل [N] 10:

يبين الشكل (4) نتائج اختبار أنابيب ال PVC الباردة عند أزمنة مختلفة وتحت حمل ثابت 10[N]. نلاحظ من الشكل أن تغير نسبة التآكل تزداد بشكل كبير وحاد مع زمن الاختبار في المرحلة الأولى ولغاية الزمن

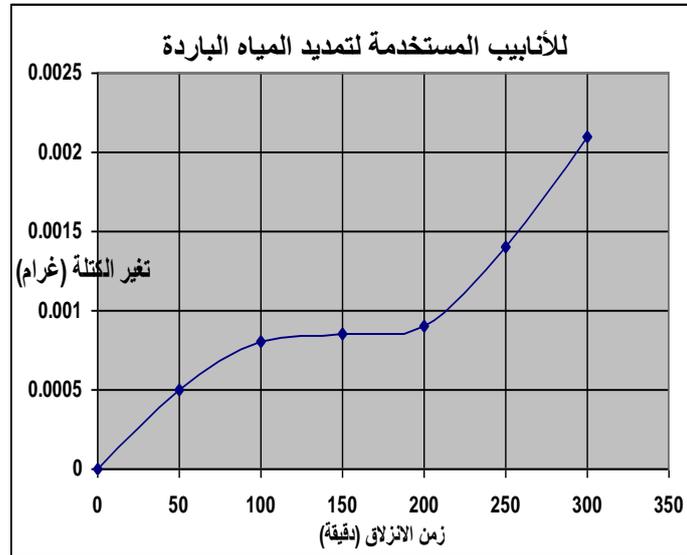
100 min. باستمرار الاختبار بعد مرحلة البدء يستمر التآكل بنسبة أقل ويميل إلى ثبات قيمته، والتي لا تتأثر تقريباً بالزمن. لا يظهر اختلاف كبير بنسبة التآكل عند الأزمنة القصيرة حتى عند أحمال مختلف وسرعة انزلاق. وبزيادة زمن الاختبار تبدي عينات ال PVC نسبة تآكل أكبر.



الشكل (4) تغير الكتلة كتابع لزمن الانزلاق عند حمل وسرعة انزلاق ثابتين ( $P=10[N]$ ,  $V=0.5[m/s]$ ).

ب. عند الحمل  $[N] 25$ :

يبين الشكل (5) نتائج التجارب التي أجريت على أنابيب ال PVC المستخدمة بنقل الماء البارد عند نفس الأزمنة المختلفة وتحت حمل ثابت  $25 [N]$ ، إن نسبة التآكل تزداد في البداية بشكل حاد مع ازدياد الزمن حتى 100 دقيقة. في المرحلة الثانية، تزداد نسبة التآكل مع الزمن حتى 002 دقيقة، بعدها تستقر أو تثبت حتى نهاية الاختبار.

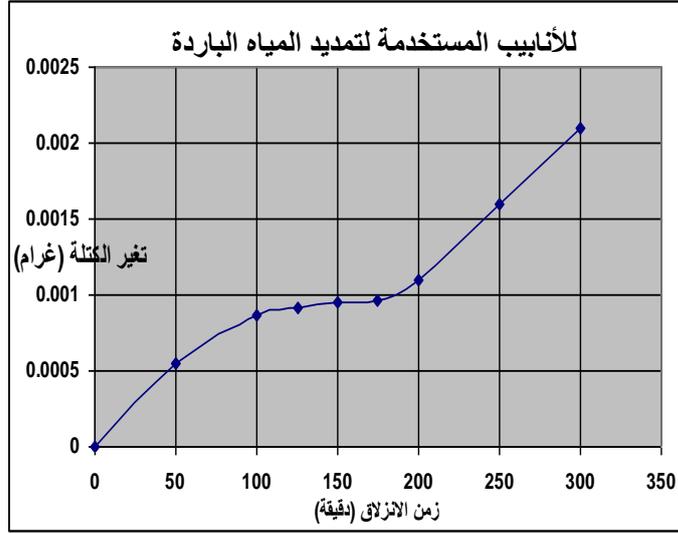


الشكل (5) تغير الكتلة كتابع لزمن الانزلاق عند حمل وسرعة انزلاق ثابتين ( $P=25[N]$ ,  $V=1.57[m/s]$ ).

ج. عند الحمل  $[N] 40$ :

يبين الشكل (6) نتائج تغير نسبة التآكل في مادة PVC مع الزمن عند حمل وسرعة ثابتتين، للأنابيب المستخدمة لتمديد المياه الباردة المنزلفة مع الفولاذ في ظروف تشغيل جافة. إن نسبة التآكل تزداد في البداية بشكل حاد مع ازدياد الزمن. في المرحلة الثانية، تزداد نسبة التآكل بقيمة أقل من المرحلة الأولى لغاية الزمن 200 دقيقة، وفي

المرحلة الأخيرة تزداد نسبة التآكل بشكل كبير حتى نهاية الاختبار. ويبين الشكل أيضاً، ازدياد نسبة التآكل بزيادة الحمل المطبق [5,8,9].



الشكل (5) تغير الكتلة كتابع لزمن الانزلاق عند حمل وسرعة انزلاق ثابتين (P=40[N], V=2.62[m/s]).

#### 4. تأثير الحمل المطبق:

تبين المقارنة بين مجموعات الاختبار الثلاثة السابقة: تأثير الحمل الاستاتيكي المطبق على الأنابيب على نسبة التآكل لسطح عينات ال PVC، وكذلك تبين أن نسبة التآكل تزداد بزيادة زمن الاختبار مع تأثير الحمل في المراحل الثلاثة من عمر العينة، وكذلك فإن ازدياد الحمل يزيد من نسبة التآكل تحت تأثير كافة ظروف التشغيل والعمل. أ. في المرحلة الابتدائية in-running: تزداد نسبة التآكل بشكل كبير حتى 100 دقيقة لكل المنحنيات (كل الأحمال).

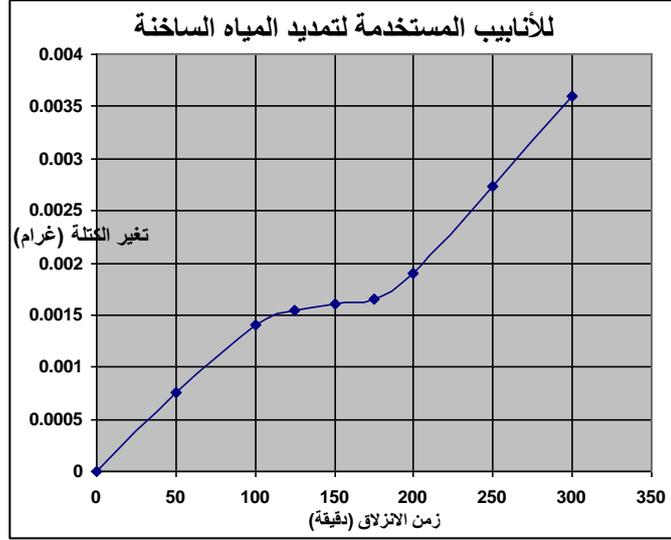
ب. في المرحلة الثانية steady-state: تزداد نسبة التآكل بشكل بطيء جداً، أي يوجد منطقة شبه ثبات بنسبة التآكل وهي المرحلة الأهم من مخطط التآكل وتستمر لغاية 200 دقيقة تقريباً في كافة المنحنيات (الأحمال المختلفة). ج. المرحلة النهائية severe wear: تزداد نسبة التآكل بشكل كبير وأكثر ازدياداً من المرحلة الأولى ويستمر حتى آخر الاختبار.

تزداد نسبة التآكل عند الأحمال العالية (40N)، مع زيادة زمن الاختبار خلال المراحل الثلاثة من عمر العينة (مخططها)، لكن المرحلة الثانية- مرحلة الثبات بنسبة التآكل- كانت أقصر منها في المنحنيات الأخرى عند الأحمال الأقل وامتدت لغاية 175 دقيقة فقط، ثم تابعت مسيرها بزيادة نسبة التآكل خطوة بخطوة حتى نهاية الاختبار. عند القيم الأخرى للحمل المطبق (10 and 25N) يكون للمنحنيين نفس الميل والمنحى في المراحل الثلاثة [4,10].

#### 5. تأثير نوع الأنبوب (بارد- ساخن):

أ. عند الحمل [N] 10:

يبين الشكل (7) نتائج تغير نسبة التآكل لمادة PVC المستخدمة لتمديد المياه الساخنة مع الزمن عند حمل  $10[N]$  وسرعة ثابتة (تم زيادة الحرارة حتى الدرجة  $110^{\circ}C$  بتسليط سائل مسخن لهذه الدرجة).  
يبين الشكل (7) بأن نسبة التآكل الجاف تزداد بشكل حاد في المرحلة الأولى مع زمن الاختبار لغاية 100 دقيقة. وهذا تغير طبيعي لعدم وجود منطقة ثبات بالتآكل في هذه المرحلة، ولكن مع استمرار الاختبار يزداد التآكل بنسبة أقل ليدخل منطقة ثبات نسبة التآكل أي عدم تأثر التآكل بالزمن.  
عند الأزمنة القصيرة لا يوجد تأثير واضح لاختلاف نسبة التآكل عند أحمال مختلفة وسرعات انزلاق K ومع استمرار الاختبار يصبح التآكل أكبر.

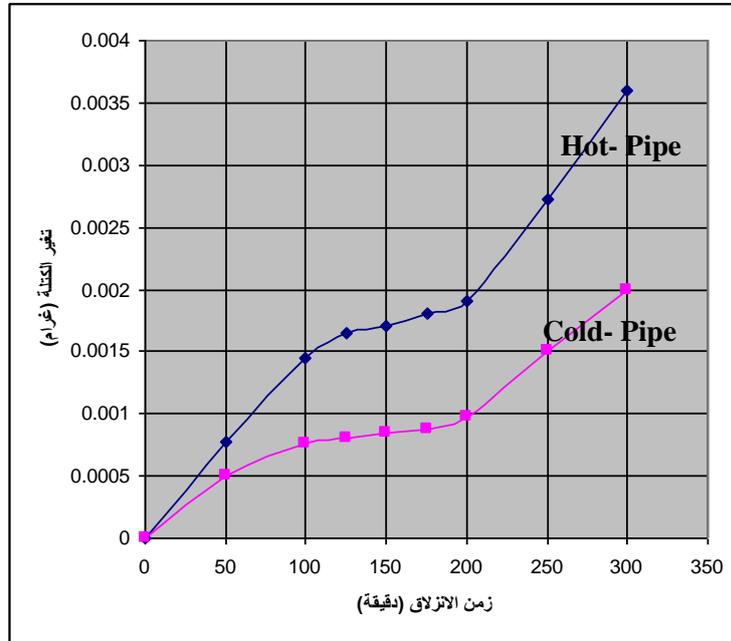


الشكل (7) تغير الكتلة كتابع لزمن الانزلاق عند حمل صغير وسرعة انزلاق ثابتين (P=10[N], V=1.57[m/s]).

يبين الشكل (7) يبين تأثير زمن التآكل المختبر خلاله عينات أنابيب المياه الساخنة على نسبة التآكل لسطح البوليمير، وذلك في المراحل الثلاثة من عمر العينة:  
أ. في المرحلة البدائية in-running: تزداد نسبة التآكل بشكل كبير حتى 100 دقيقة يستمر بالازدياد خلال زمن آخر لغاية 125 دقيقة.  
ب. في المرحلة الثانية steady-state: يمر التآكل بمرحلة قصيرة جداً فقط خلال زمن 50 دقيقة.  
ج. المرحلة النهائية severe wear: تزداد نسبة التآكل بشكل كبير وحاد ويستمر حتى آخر الاختبار.  
يبين الشكل (8) مقارنة بين نسب التآكل لعينتين من ال PVC إحداهما تستخدم لتمديد المياه الساخنة والأخرى لتمديد المياه الباردة تحت تأثير زمن الاختبار عند نفس الحمل.  
يبين الشكل أنه من أجل أنابيب المياه الباردة والساخنة يوجد اختلاف بين سلوكهما تحت تأثير التآكل في المراحل الثلاثة من منحنى عمر العينة [5]:  
أ. في المرحلة الأولى: تزداد نسبة التآكل بشكل كبير لكلا النوعين لغاية 100 دقيقة، لكن من أجل الساخن منها يستمر التآكل بنسبته (أقل ميلاً) حتى الزمن 125 دقيقة.  
ب. في المرحلة الثانية: منطقة ثبات نسبة التآكل بالنسبة للزمن تكون أقصر زمنياً في الأنابيب الساخنة.

ج. المرحلة الأخيرة النهائية: الزيادة بنسبة التآكل لأنابيب المياه الباردة تبدأ من الزمن 200 دقيقة، بينما للساخنة منها بعد 175 دقيقة.

يبين الشكل أيضاً، أن نسبة تآكل الأنابيب المستخدمة لتمديد المياه الساخنة أكبر منه في أنابيب المياه الباردة في كل المراحل وتحت تأثير البارامترات المختلفة عند ظروف تشغيل جافة.



الشكل (8) تأثير نوع استخدام الأنابيب (ساخن - بارد) على نسبة التآكل بالنسبة للزمن.

## 6. الشرح:

تبين الأشكال (4 إلى 6) وجود خصائص التآكل في المرحلة الأولى (الابتدائية) وهي عدم ثبات بنسبة التآكل، ونتيجة للتماس التام بين سطحي المعدن والبوليمير يتخذ سطح البوليمير، وهذا يعطي ارتفاع بفقدان حبيبات الكلورين من سطح البوليمير حيث تأتي هذه الحبيبات بين السطحين وتصبح على تماس مع السطح الفولاذي وتبدأ بعملية حك سطح البوليمير على كامل طول مساحة التماس. في نهاية هذه المرحلة، حبيبات الكلورين تصبح بحجم أصغر نتيجة الاحتكاك الكبير لسطح البوليمير. وحالما يصبح حجمها صغيراً تتحرك وتنتقل لتنتشر بين السطحين مشكلة طبقة رقيقة منها وكأنها تعزل السطحين مما يسبب انخفاض بنسبة التآكل أو الوصول إلى مرحلة ثبات بنسبة التآكل مع الزمن لفترة معينة [4].

ومع استمرار الاختبار يبدأ تشكل حالة إطباق نتيجة تركيز الإجهادات في منطقة تماس حقيقية صغيرة.

## 7. النتيجة:

خلال المرحلة الأولى يبين وجود تآكل سريع لسطح البوليمير في كل العينات عند الأزمنة المختلفة وسرعات الانزلاق نتيجة التماس المباشر الكامل بين السطحين المحتكين. يوجد منطقة ثبات بنسبة التآكل بعد هذه المنطقة عندما يتشكل طبقة رقيقة من الكلورين بين سطحي التماس نتيجة وجودها كطبقة عازلة بين السطحين. نسبة التآكل لأنابيب المياه الساخنة أكبر منها في الأنابيب المستخدمة لتمديد المياه الباردة.

تبين المنحنيات السابقة أن نسبة التآكل تزداد بزيادة سرعة الانزلاق بالنسبة للحمل المطبق. الزيادة في سرعة الانزلاق تحرض احتكاك أكبر وأكثر منه في المرحلة البطيئة، والزيادة في الاحتكاك تقود إلى زيادة التآكل لكن بنمط الالتصاق، نتيجة تشكل البودرة من السطح المتآكل.

تبين النتائج أن نسبة التآكل تعتمد على الحمل المطبق مع تغير الزمن بطرق مختلفة معتمدة على قيمة سرعة الانزلاق. فعند السرعات المنخفضة، تزداد نسبة التآكل مع زيادة الحمل الطبيعي، ولكن تحت تأثير الحمل العالي فإن سلوك التآكل يكون أقل حساسية لسرعة الانزلاق المتغيرة مقارنة في حالة الحمل الصغير. وعند السرعات العالية، تصبح العينة أكثر طراوة منها في المرحلة الأولى من الاختبار، وهذا يسبب زيادة أكبر بنسبة التآكل.

تشير نسبة الرائش المتآكل إلى أن السطح المتآكل بدأ بالتشقق. إن ميل خط المنحني في المخططات السابقة يشير إلى أن الحمل الأعلى له الميل الأكبر، وبالتالي تعطي القيمة الأعلى لنسبة التآكل، لكن عند الحمل الأقل، فإن ميل المنحني أقل وبالتالي نسبة التآكل تكون أقل.

### الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال المعطيات والملاحظات التجريبية، فقد حصلنا على النتائج التالية:

- (1) إن نمط التآكل يعتمد على الحمل المطبق (منخفض أو عال)، عند الحمل المنخفض يحدث التآكل الحاد خلال المرحلة الأولى من عمر العينة، بينما يحدث تآكل الالتصاق عند الأحمال العالية في المنطقة الخطرة من التآكل، ويوجد منطقة انتقال بين المرحلتين أي منطقة ثبات لنسبة التآكل، وفي نهاية الاختبار يحدث تآكل سريع.
- (2) يزداد تآكل البوليمير بزيادة زمن الاختبار تحت تأثير الحمل وسرعة الانزلاق بسبب ارتفاع درجة الحرارة.
- (3) لوحظ أن نسبة التآكل تزداد ببطء بزيادة سرعة الانزلاق في نمط التآكل الحاد والالتصاق لكلا النوعين من ال PVC البارد والساخن. وكذلك تزداد نسبة التآكل مع زيادة الحمل المطبق وزمن الاختبار.
- (4) يمر عمر العينة بالمرحل الثلاثة النوعية: مرحلة ازدياد حاد تليها منطقة ثبات بنسبة التآكل وأخيراً مرحلة زيادة بميل أكبر منه عما في المرحلة الأولى.
- (5) نسبة التآكل في كل الاختبارات وظروف التشغيل ولأنابيب تمديد المياه الساخنة أكبر منها في حالة استخدام أنابيب تمديد المياه الباردة.

نوصي:

باستخدام مادة ال PVC في أنابيب الصرف الصحي للمياه الساخنة والباردة مهما كانت ظروف التشغيل، لما له من أهمية ومزايا في الاستخدام.

### المراجع:

- 1- JALAL ABDEL HAMID, E. SHOWAIB, and HENDAWEE, "Prediction of Lifetime of Water Pipes in Tanta", Scientific Search, Tanta university, Egypt, 2000,34-38.
2. M.N.A. Kurdieh. *Wear Properties of Polymeric Composites for Oilless Bearing*. MSC thesis, Alexanderia University, Egypt, 1999, 40-55.

3. A.M. ELECHI and G.M. AMIN, "*The Effect of Molecular Orientation Through Uniaxial Pre-straining in (PVC) and (PC) on The Friction and Wear Characteristics*", *Wear*, 112 ,1986, 57-66.
4. A.L. ZAITSEV, "*Mechanisms of Hard Alloy Wear in Frictional Processes With Polymers and Composites*", *Wear*, 162 ,1993, 40-46.
5. A.A. EL-SAYED, M.G. EL-SHERBINI, A.S. ABO-EZZ and G.A. AGGAG, "*Friction and Wear Properties of polymeric Materials for Bearing Applications*", *Wear*,184 ,1995, 45-53.
6. C. LHYMN, "*Effect of Normal Load on the Specific Wear Rate of Fibrous Composites*", *Wear*, 120 ,1987, 1-27.
7. L. S. BURN, "*Lifetime Prediction of uPVC Pipes Experimental and Theoretical Comparisons*", *Plastic, Rubbers and Composites processing and application*, 21, 1994,99-108.
8. J. BREEN, "*Environmental Stress Cracking of PVC part II, Crack Growth*", Chapman and Hall, *Journal of Materials Science*, 1995, 5833-5840.
9. ZHAOBIN CHEN, TONGSHENG LI, XUJUN LIU, and RENGUO LU, "*Friction and Wear Mechanisms of Polyamid<sub>6,6</sub>/HDPE Blends*", Wiley Inter-Science, *Journal of Polymer Science, Part B, Polymer Physics*, 43, 2005, 2514-2523.
10. M. S. ZAAMOUT, and M. W. ALHAZMI, "*Effect of Static and Impact Loading on The Wear Behaviour of Some Polymers*", *Emirates Journal for Engineering Research*, 11 ,2, 2006,99-104.

مدى إمكانية استخدام أنابيب PVC (البولي فينيل كلورايد)

في شبكات الصرف الصحي (المياه الباردة والساخنة)

كردية، حبيب

---