تأثير طلاء السيليكون العضوي للأنابيب على المقاومة الهيدروليكية في المنظومات الهيدروليكية[+]

THE EFFECT OF PIPE ORGANIC SILICON COATING ON THE HYDRAULIC RESISTANCE IN HYDRAULIC SYSTEMS

هادي عبيد البشر*

المستخلص

يهدف البحث إلى دراسة تأثير طلاء السيليكون العضوي على المقاومة الهيدروليكية أو معامل الاحتكاك (ƛ) في الأنابيب وهذا الطلاء هو خليط من الأكاسيد والسيليكات مشتتة داخل السيليكون العضوي ، فضلاً عن أطالتة عمر الانابيب ووقايتها من الصدأ . وعن طريق التجربة على أربعة أنواع من هذا الطلاء تم الحصول على علاقات رياضية لحساب معامل الاحتكاك بعد أضافة عامل جديد (Ψ) لمعادلة بلازيوس للجريان الاضطرابي وهذا العامل يعتمد على مكونات الطلاء المذكور. وظهر من البحث ان الطلاء يقلل من معامل الاحتكاك بنسب تتراوح بين 20.5% إلى 41.3% مقارنة بالانبوب غير المطلي رسمت العلاقات بين عدد رينولدز ومعامل الاحتكاك وكذلك مع عدد اويلر ومعامل التصحيح أو العامل الجديد (Ψ) ومقارنتها مع الانابيب الملساء غير المطلية وتم أستخدام الماء كسائل نيوتني ومحلول البوليفينل كلورايد PVC كسائل غير نيوتني .

Abstract :-

The aim of this research is to study the effect of organic silicon coating on the hydraulic resistance or coefficient of friction (ƛ) in pipes . The coatings were made by dispersing mixture of oxides and silicates into the organic silicon and also to increase the durability and longevity of pipes . During several experiments on four types of this coating mathematical relations have been obtained to calculate the coefficient of friction (ƛ) after addition of new correction coefficient (Ψ) to the plasies equation for turbulent flow , (Ψ) depends on the compositions of the coating and it was clearly observed that this coating deareases (ƛ) in a range between 20.5% and 41. 3 % compared with the pipes without any coating Relations have been obtained between Reynold's number and (ƛ) and Eu number and with correction coefficieat (Ψ) . Water was used as Newtonian liquid and aqueous solution of polyvinylchlovide PVC as Non-Newtonian liquid.

المقدمة

[+]تاريخ استلام البحث ٢٠٠٥/٣/٢٩ ، تاريخ قبول النشر ٢٠٠٥/١٠/٢٧

[*]مدرس /المعهد التقني الكوت

يعتمد مبدأ بعض طرق الوقاية من التآكل على طلاء الأجزاء بطبقة من مادة معينة لأن التآكل المعدني يعد من اكبر المشاكل الاقتصادية التي تواجه التطور الصناعي والنفطي وغيرهما وذلك لأنه يؤدي الى اتلاف كميات ضخمة من المنشآة والماكنات المعدنية والانابيب وملحقاتها الاخرى . ان الاصباغ او الطلاء السيليكوني Silicone paints يوجد بمجموعتين ، الاولى تستخدم في درجات الحرارة العالية والثانية تستخدم كواقي من الرطوبة . وتمتاز المركبات السيليكونية بأنها تبقى متوازنة في درجات الحرارة العالية فضلاً عن درجات الحرارة الواطئة تحت الصفر المئوي [3,2,1] . وبسبب تأثير التفاعلات الكيميائية على جدارن الأنابيب والمعدات في المنظومات الهيدروليكية والتي تسبب تآكلها وتلفها تصرف سنوياً مبالغ طائلة لمعالجة ذلك وفقدان معدات وأنابيب وملحقات هيدروليكية أخرى في حالة كون المعالجة غير أقتصادية اذ يتم استبدالها بأخرى .

وتبرز أهمية البحث من خلال التعرف على تأثير الطلاء السيليكوني على المقاومة الهيدروليكية أو معامل الأحتكاك (λ) في المنظومات الهيدروليكية لتحديد الفائدة والجدوى الأقتصادية من أستخدام الطلاء المذكور وهناك بحوث سابقة في هذا المجال موضحة في أعمال الباحثين [5,4]

وقت أنحصرت بحوثهم بشكل أساسي في حساب معامل الأحتكاك (λ) ويوضح الباحث [6] العلاقة العامة للمقاومة الهيدروليكية بالشكل :

$$\lambda = 64\, m Re^{-a} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث Re - عدد رينولدز

a - معامل

m - معامل الاضطراب

وهذا للسوائل النيوتنية والتي تخضع لقانون نيوتن $\tau = \mu \frac{du}{dr}$

اما للسوائل غير النيوتينية والتي تخضع للقانون الأسي

$$\tau = k \left[\frac{du}{dr}\right]^{n} \ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث τ – الاجهادات المماسة

K – قوام السائل (consistency)

$\frac{du}{dr}$ – انحدار السرعة

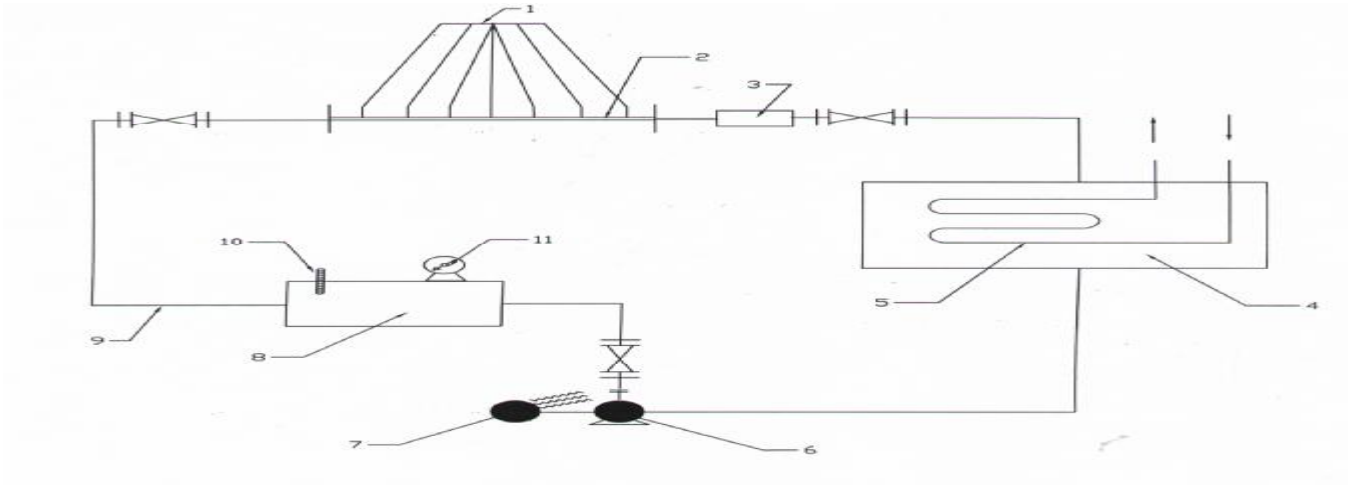
n - دليل الجريان حيث $n = 1$ بالنسبة للسوائل النيوتينية ويكون n أقل او اكبر من ١ بالنسبة للسوائل غير النيوتينية ، فأن المقاومة الهيدروليكية لهذه السوائل تعطى بالشكل

$$\lambda = 4\, a(Re)^{-b} \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث a , b معاملات تعتمد على دليل الجريان (n) ومحسوبة من قبل الباحث [7]وهذه تناسب الانابيب الملساء غيـــر المطلية .

الجانب العملي :-

لغرض حساب معامل المقاومة الهيدروليكية في الانابيب ذات الطلاء السليكوني المذكور استخدمت وحدة الاختبار الموضحة في الشكل رقم (1) .



شكل (١) منظومة الجريان واجهزة القياس

1- مجسات او اجهزة التحسس بالضغط 2- الجزء الخاضع للأختبار 3- مقياس التدفق(RK-2) 4- خزان
5- مبادل حراي 6- مضخة الطرد المركزي ذات قدرة 16Kw 7- محرك كهربائي1100 R.P.M,17Kw
8- الخزان المخمد او مانع الارتجاج 9 – خط الضغط Pressure line 10- مقياس حرارة السائل 11- مانوميتر

بلغ طول الانبوب الخاضع للاختبار في التجربة 2 متر وبقطر 53ملم من الفولاذ وقد كانت الطريقة المتبعة في طـــلاء الانبوب هي طريقة الترسيب او الطلاء الداخلي كون هذه الطريقة اخذت تزداد اهميتها واستخدامها في مختلف المراحل الانتاجية نظراً لأقتصاديتها وهناك بالطبع طرق عديدة في الطلاء واساليب تكنولوجية متعددة لتنفيذها مثل طريقة الرش بدون هواء او الرش بالكهربائية الاستاتيكية او طريقة الرش باللهب عندما تستخدم المساحيق المعدنية .

هذا وقد كانت الخصائص الاساسية للطلاء السيليكوني المستخدم كما موضح في اعمال الباحثين[8] هي: -
السمك الامثل 300 µm والطريقة المتبعة في بحثنا لقياس الطلاء هي باستخدام جهاز (Elcometer) .

الالتصاقية او شدة الارتباط كانت لحد $\frac{kg}{cm^2}$ 100 والجهاز والطريقة المتبعة لقياس الالتصاقية او شدة الارتباط

هي بجهاز (Adhesion tester) ويكون غالباً على شكل منصة تثبت على السطح المطلي بواسطة مادة لاصقة خاصة وعندما تجف فان مخلب الجهاز يوضع في المنصة المذكورة ويباشر بدوران العجلة حتى تقلع المنـــصة مـــن الـــسطح ويوجد مؤشر في الجهاز يسجل قوة السحب .

هذا وقد استخدمنا الماء بدرجة حرارة $25^{\circ}C$ كسائل نيوتني أي يخضع لقانون نيوتن في اللزوجة وقد كانت لزوجة الماء عند هذه الدرجة

$$\nu = o.897 \times 10^{-6} \ \frac{m^2}{Sec}$$

واستخدمنا المحلول المائي للبوليفينيل كلورايد (PVC) كسائل غير نيوتني وبتراكيز قليلة ولم نتمكن من استخدام هذه السوائل بتراكيز عالية لصعوبة الجريان بسبب اللزوجة العالية ومن الممكن اجراء تجارب في المستقبل على هذه السوائل بعد استخدام معدات اخرى اضافية .

هذا وقد درست حالة الجريان الانسيابي Laminer flow والجريان الاضطرابي Turbulent flow وبعد قياس فرق الضغط لمختلف التجارب في الانابيب المطلية وغير المطلية تم حساب معامل المقاومة الهيدروليكية (ƛ) باستخدام معادلة دارسي وايزباخ المبينة ادناه [1]

$$\Delta h = ƛ \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \qquad (4)$$

وضمن حدود اعداد ربنولدز الموضحة مع قيم (ƛ) في الجداول (1 ــ 5) وكذلك تم حساب عدد اويلر من المعادلة :

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho v^2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

جدول (١) القراءات الخاصة بالأنابيب غير المطلية

Q M^3/ sec	V m / sec.	Re	Δ P	λ
5.91×10^{-5}	0.0268	1585	5.394	0.398
9.379×10^{-5}	0.0425	2512	6.782	0.199
1.480×10^{-4}	0.0673	3981	10.255	0.120
2.339×10^{-4}	0.106	9309	15.603	0.736
3.729×10^{-4}	0.169	10000	30.177	0.056
5.914×10^{-4}	0.268	15849	56.510	0.0417
9.379×10^{-4}	0.425	25120	113.146	0.0322
1.485×10^{-3}	0.673	39810	253.812	0.0297
2.35×10^{-3}	1.067	63095	567.098	0.0264

جدول (٢) الخاص بالأنابيب المطلية بالطلاء KN 130

Q M^3/ sec	V m / sec.	Re	Δ P	ƛ

-5 5.91x10	0.0268	1585	4.282	0.316
-5 9.379x10	0.0425	2512	4.600	0.135
- 4 1.480x10	0.0673	3981	7.264	0.085
-4 2.339x10	0.106	9309	12.211	0.0576
-4 3.729x10	0.169	10000	23.117	0.0429
-4 5.914x10	0.268	15849	44.451	0.0328
-4 9.379x10	0.425	25120	88.600	0.0260
-3 1.485x10	0.673	39810	198.264	0.0232
-3 2.35x10	1.067	63095	442.50	0.0206

جدول (٣) الخاص بالأنابيب المطلية بالطلاء KN 128

Q M^3/ sec	V m / sec.	Re	Δ P	ƒ
-5 5.91x10	0.0268	1585	3.103	0.229
-5 9.379x10	0.0425	2512	3.953	0.116
- 4 1.480x10	0.0673	3981	5.811	0.068
-4 2.339x10	0.106	9309	9.412	0.0444
-4 3.729x10	0.169	10000	17.028	0.0316
-4 5.914x10	0.268	15849	35.642	0.0263
-4 9.379x10	0.425	25120	78.717	0.0231
-3 1.485x10	0.673	39810	176.04	0.0206
-3 2.35x10	1.067	63095	395.242	0.0184

جدول (٤) الخاص بالأنابيب المطلية بالطلاء KN 121

Q M^3/ sec	V m / sec.	Re	Δ P	ƒ
-5 5.91x10	0.0268	1585	1.978	0.146
-5	0.0425	2512	2.900	0.0851

9.379x10				
- 4 1.480x10	**0.0673**	**3981**	**4.272**	**0.0500**
-4 2.339x10	**0.106**	**9309**	**7.695**	**0.0363**
-4 3.729x10	**0.169**	**10000**	**13.795**	**0.0256**
-4 5.914x10	**0.268**	**15849**	**30.763**	**0.0227**
-4 9.379x10	**0.425**	**25120**	**72.924**	**0.0214**
-3 1.485x10	**0.673**	**39810**	**162.794**	**0.01905**
-3 2.35x10	**1.067**	**63095**	**363.021**	**0.0169**

جدول (٥) الخاص بالأنابيب المطلية بالطلاء KN 126

Q M^3/ sec	**V m / sec.**	**Re**	**Δ P**	**ƛ**
-5 5.91x10	**0.0268**	**1585**	**1.161**	**0.0857**
-5 9.379x10	**0.0425**	**2512**	**1.847**	**0.0542**
- 4 1.480x10	**0.0673**	**3981**	**3.144**	**0.0368**
-4 2.339x10	**0.106**	**9309**	**5.787**	**0.0273**
-4 3.729x10	**0.169**	**10000**	**12.502**	**0.0232**
-4 5.914x10	**0.268**	**15849**	**28.865**	**0.0213**
-4 9.379x10	**0.425**	**25120**	**65.427**	**0.0192**
-3 1.485x10	**0.673**	**39810**	**164.13**	**0.0171**
-3 2.35x10	**1.067**	**63095**	**226.505**	**0.0152**

وقد تم استخدام اربعة انواع من الطلاء السيليكوني العضوي المذكور وهي

kN121 , kN126 , kN128 , kN130

وهي خليط من الاكاسيد والسيليكات مثل أكاسيد المغنيسيوم والألمنيوم والكالسيوم وثـاني أوكـسيد الـسليكون وهـذه الأكاسيد تخلط مع سليكات الصوديوم وسليكات البوتاسيوم بنسب معينة [6]

النتائج والمناقشة :-

تم التوصل الى طريقة لحساب معامل المقاومة الهيدروليكية (ƛ) عند جريان السوائل المذكورة وضمن حـدود عـدد رينولدز

$3 \times 10^{5} < Re < 1.8 \times 10^{5}$ في الانابيب ذات الطلاء المذكور والانابيب غير المطلية

وحصلنا على النتائج التالية :-

1. رسم العلاقة بين معامل المقاومة الهيدروليكية (ƛ)وعدد رينولدز موضحة في الشكل

(2, a) 1og100λ= f (Re) ويتضح من الشكل ان المنحنيات مع زيادة عدد رينولدز تقترب الى الخط المستقيم موضحة المعادلات من 4 الى 8

2. رسم العلاقة بين عدد اويلر وعدد رينولدز في الشكل (2 ,b) Eu = f(Re) وواضح من الشكل انها علاقة غير خطية .

3. حساب معامل المقاومة الهيدروليكية (ƛ) للأنابيب ذات الطلاء السيليكوني المذكور ممكن انجازها او ايجادها بالمعادلة المشهورة معادلة بلازيوس [4] ولكن بعد اضافة معامل التصحيح وهو عامل جديد يعتمد على مكونات الطلاء لتصحبح المعادلة بالشكل التالي

$$ƛ = 0.3164\ Re^{-0.25} \times \Psi \quad \ldots\ldots\ldots(6)$$

حيث Ψ - معامل التصحيح الذي يعتمد على مكونات الطلاء

4. وعلى اساس نتائج هذه التجارب ووفقاً للمعادلة الجديدة (6) تم رسم العلاقة بين معامل التصحيح (Ψ) وعدد رينولدز Ψ = f (LogRe) موضحة في الشكل (c – 2) وتم اثبات ما يلي .

- عند Re >30000 يكون

$$\Psi\ n=1.302$$

$$ƛ\ n = o.4\ 195\ Re^{-0.25} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(7)$$

حيث الرمز (Ψ n) يدل على الانبوب الجديد غير المطلي

- عند Re > 26300 يكون Ψ 130 = 1.035

$$ƛ\ 130 = 0.3275\ Re^{-0.25} \quad \ldots\ldots\ldots(8)$$

وهذا باستخدام الطلاء السيليكوني KN 130

- عند Re >19500 يكون

$$\Psi\ 128 = 0.941$$

$$ƛ\ 128 = 0.2917\ Re^{0.25} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(9)$$

وهذا باستخدام الطلاء السيليكوني KN 128

- عند Re >17800 يكون

$$\Psi\ 121 = 0.851$$

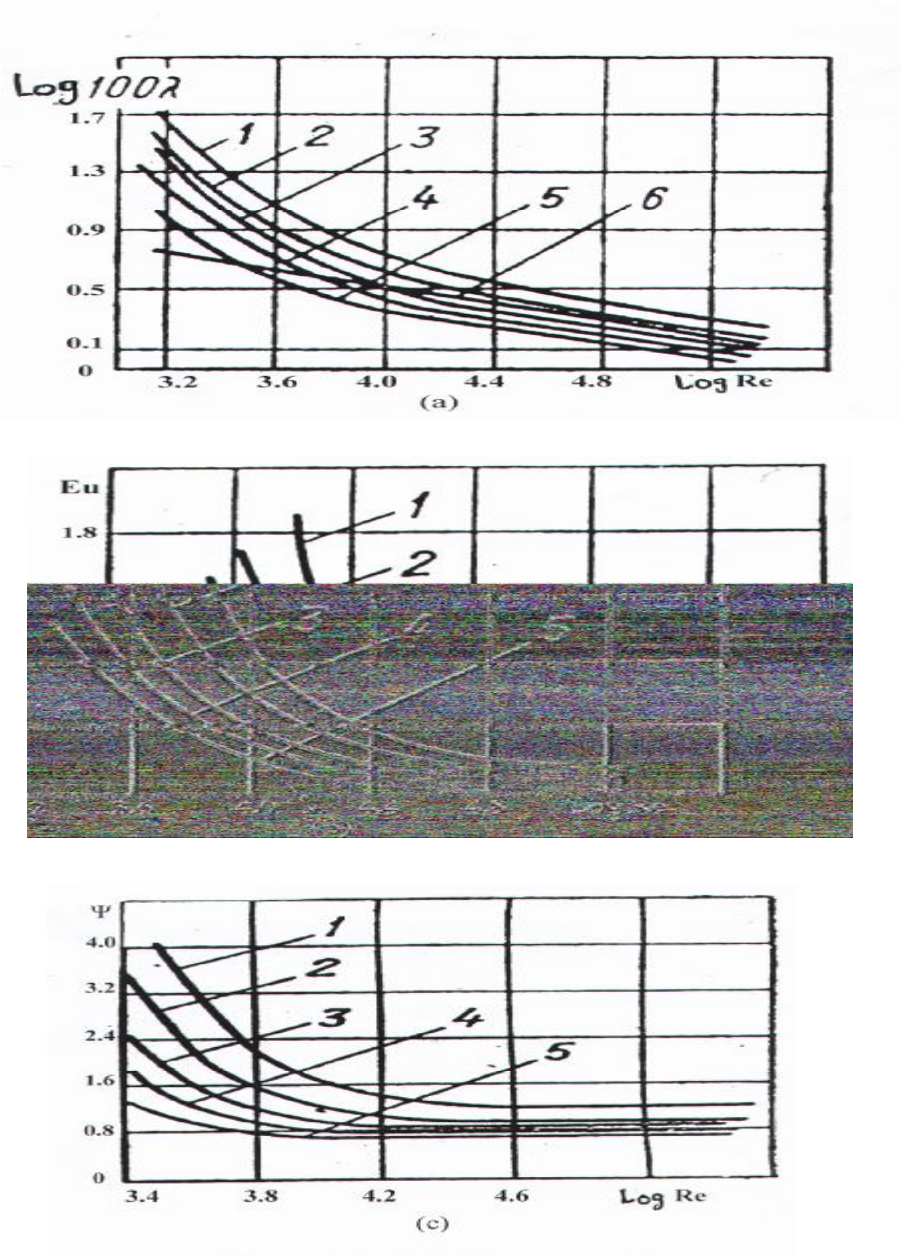
$$ƛ\ 121 = 0.2693\ Re^{-0.25} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(10)$$

وهذا باستخدام الطلاء السيليكوني KN 121

- عند Re >14150 يكون Ψ 126 = 0.764

$$ƛ\ 126 = 0.2417\ Re^{-0.25} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(11)$$

باستخدام الطلاء السيليكوني KN 126



شكل (٢) العلاقات a) Ψ =f(log Re) (b,log 100λ =f(log Re) (c,Eu=f (log Re)

1. للأنبوبة الفولاذية الجديدة بدون طلاء 2. للأنبوبة ذات الطلاء KN130 3.للأنبوبة ذات الطلاء KN128

4. للأنبوبة ذات الطلاء KN121 5. للأنبوبة ذات الطلاء KN126 6 . للأنبوبة الناعمة حسب معادلة بلازيو

لقد كانت النتائج بالنسبة للسوائل غير النيوتنية مقاربة لنتائج السوائل النيوتنية أي الماء لكونها كانت بتراكيز قليلة ولكن لاحظنا مع زيادة التراكيز تعطي نتائج مختلفة بسبب اللزوجة العالية حيث نحتاج الى معدات اخرى لمثل هذه الحالات ولم نتمكن من اخذ قراءات او نتائج واضحة لهذه السوائل ويمكن اجراء تجارب على السوائل ذات اللزوجة العالية في المستقبل وكذلك باستخدام انواع اخرى من الطلاء .

الاستنتاجات

1. ان طلاء الانابيب داخلياً بالطلاء المذكور يساعد على تقليل المقاومة الهيدروليكية فضلاً عن اطالة عمر الانابيب في المنظومات الهيدروليكية وكما يلي:-

أ. في الانبوب المطلي بالطلاء (KN 130) وعند Re>26300 تقل (ƛ) بمقدار 20.5% مقارنة بالانبوب الفولاذي غير المطلي ونوضح حساب ذلك بالمعادلة التالية :

$$\frac{\Psi n - \Psi 130}{\Psi n} \times 100$$

$$\frac{1.302 - 1.035}{1.302} \times 100 = \% 20.5$$

ب. في الانابيب المطلية بالطلاء KN 128 وعندما Re > 19950 تقل (ƛ) بمقدار 27.7% وطريقة حساب ذلك كما مبين اعلاه

ج. في الانابيب المطلية بالطلاKN 121 وعندما Re >17800 تقل(ƛ) بمقدار 34.6%

د. في الانابيب المطلية بالطلاء KN 126 وعندما Re >14150 تقل(ƛ) بمقدار 41.3%

وهذا له تأثير اقتصادي كبير من خلال ادخال ذلك في المنظومات الهيدروليكية الموجودة في المنشآت الصناعية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وغيرها .

١. يعد الطلاء KN126 , KN 121 الأفضل كونه يقلل معامل (ƛ) بالنسب العالية اعلاه ضمن حدود عدد رينولدز المؤشر ازائها .

المصادر

1. Duval , S , Camberlin , Y . , Glotin , M, "characteri zation of organic coatings in sour media and lnfluence of polymer structure on corrosion performance". *progress in organic*
coatings , 39 , 15 – 22, 2000.

2. Duval , S , Grenier , J. "Innovative pipe coating material and process for high temperature fields" . *Oil and Gas science and technology* . Rev . IFP . vol . 57 , NO.3, PP 269 – 279 , . 2002.

3. كاظم محمد سعيد . الطلاء بالراتنجات الصناعية للحماية من التآكل في المعـــدات والمنـــشآت الـــصناعية . وزارة الصناعة والمعادن ٢٠٠١ .

4. Altshool, A . D ., "Friction loss" , Moscow pp 35 – 36, 1982 .

5. Million shikov , M. D , kobzar , L . L , "Friction loss and velocity in pipes with industrial roughness", J . *Atomic power* , 5 , 37 – 39 , 1973.

6. kaminer , A , A , Yahno , O . M , "hydromechanics" , kiev . pp 105 – 106 , 1987.

7. Sheveliov . F . A ., " Hydraulic behaviour of turbulent flow in pipes" . J. *fluid mech* 66 , pt . 3 , pp 351 – 360, 1975.

8. Pashinko , A . A ., Svederski , B . A , "Heat resisting coat" pp . 28 – 30, 1991.