استخدام تقنية الفاصل الهلامي في نقل المنتجات النفطية على التسلسل عبر خط الأنابيب المشترك بانياس – حمص

إعداد المهندس باسل سليمان العلي
المشرف العلمي الدكتور المهندس ماهر سعادة*

المستخلص:

يهدف البحث إلى تقليل كمية المزيج المتشكل عند ضخ المنتجات النفطية على التسلسل في خط الأنابيب المشترك بانياس – حمص عن طريق تحضير فاصل هلامي مرن وإرساله في منطقة الاتصال بين المنتجات ضمن الأنبوب ليقوم مقام الفاصل التقليدي الصلب ويمنع امتزاجها.

تم الحصول على الفاصل المنشود انطلاقاً من بولمير قابل للذوبان بالماء مع عامل تهليم مناسب له. تمت دراسة الخصائص الحركية وتجريب الفاصل ضمن محطة مخبرية صممت خصيصاً للبحث وهي تحاكي بروفيل خط الأنابيب وتم إخضاع الفاصل لشروط التشغيل العظمى الممكن مواجهتها في الخط المذكور من حرارة وضغط و زمن عمل.

بنتيجة البحث تم التأكد من قدرة الفاصل على المحافظة على مرونته طيلة فترة عمله وعلى قدرته على الفصل بين السوائل المختلفة إضافةً لعدم تأثره بالمنتجات النفطية التي سيكون على اتصال مباشر معها أثناء فترة عمله.

يشكل الفاصل الهلامي المقترح حلاً جيداً لمشكلة تشكل المزيج أثناء ضخ المنتجات النفطية على التسلسل وبالتالي يحد من الهدر الناتج عن مصاريف عملية إعادة تكرير المزيج المتشكل ويحد أيضاً من الإساءة للمشتقات النظيفة المخزنة في حال خلط المزيج المتشكل معها كحل للتخلص منه.

ABSTRACT

The object of this research is reducing trans-mixes, formed during oil products batching through multiple pipeline (Banyas-Homs), by forming a gel pig and sending it at the contact zone between products through the pipeline to substitute the traditional mechanical pig and prevent mixing.

The desired gel pig was obtained starting from a completely soluble polymer in water with a suitable cross-linker.

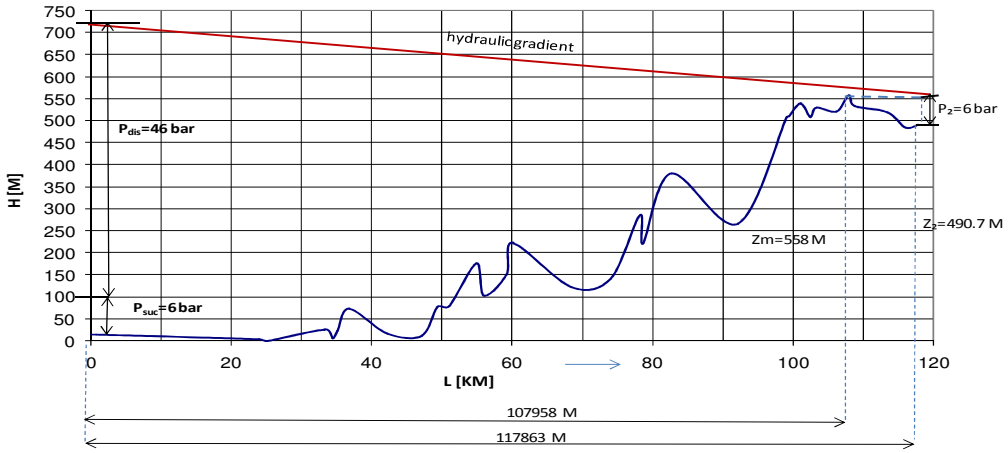
The rheological properties of the obtained gel pig was investigated in an experimental station designed especially for the research that simulates the profile of the pipeline and subject it to the maximum operating encountered conditions as temperature, pressure and working period.

Certainty was made, as a result of the research, of the pig ability of keeping its elasticity during the working period and keeping the ability of separating different liquids in addition to its immovability with oil products that it will be in a direct contact with during working period.

The suggested gel pig is considered as a good solution to the problem of trans-mixing during oil products batching, thus limiting the loss of trans-mix reprocessing expense and limiting the downgrading of clean oil products because of mixing trans-mixes with them as a solution to get rid of them.

مقدمة:

خط أنابيب بانياس – حمص هو أحد خطوط الشركة السورية لنقل النفط, والذي تم إنشاؤه منذ العام 1960 من قبل شركة نفط العراق " Iraq Petroleum Company" لنقل النفط العراقي من حقول كركوك إلى مصب بانياس على البحر الأبيض المتوسط. تمت الاستفادة من هذا الخط في الثمانينات من القرن الماضي لضخ المنتجات النفطية المستوردة أو المكررة في مصفاة بانياس بشكل عكسي إلى مستودعات حمص وحتى يومنا هذا. يمتد الخط بطول إجمالي /118/ كم تقريباً وبقطر خارجي 24 بوصة وسماكة جدران 0.375 بوصة. يتمتع الخط بجيوديزية معقدة وذلك بسبب كثرة القمم والوديان التي يجتازها والشكل التالي يبين بروفيل الارتفاع لخط الأنابيب (pipeline elevation profile) بالإضافة إلى منحني الميل الهيدروليك.



pipeline elevation profile

شكل رقم (1) يوضح المخطط الهيدروليكي لخط أنابيب بانياس – حمص

تعتبر طريقة نقل النفط بالأنابيب من أحدث الطرق وأرخصها. وكما النفط كذلك مشتقاته كالبنزين والكيروسين والمازوت فهي تنقل عبر الأنابيب من معامل التكرير أو أماكن الاستيراد إلى المستودعات أو أماكن الاستهلاك.

يتطلب الاختلاف في صفات المشتقات النفطية بشكل عام نقل كل مشتق على حدا إلى مراكز الاستهلاك والتوزيع بحيث يحافظ كل مشتق على خواصه الأولية التي خرج بها من معامل التكرير.

برزت فكرة ضخ المنتجات النفطية في أنبوب واحد على التسلسل (batching) بسبب الكلفة العالية لبناء خط أنابيب خاص لكل مشتق, أي أنه وبعد الانتهاء من ضخ الكمية المطلوبة من منتج ما, يضخ وراءه المنتج الآخر بحسب تسلسل قيم الكثافات[1] أو نقطة الوميض لكل منتج، أو يتم استخدام فواصل على شكل كرات مطاطية للفصل بين المنتجات المنقولة، وعند الانتهاء من ضخ المنتج الأخير يعاد الضخ بشكل عكسي وبحسب تدرج الكثافات أو نقطة الوميض.

المشكلة الأساسية التي واجهت هذه الطريقة هي تشكل مزيج (trans-mix) في منطقة التماس بين المنتجين (interface)

يختلف بخواصه عن خواص كلا المنتجين وبالتالي برزت المشكلة الأساسية لعملية الضخ على التسلسل وهي كيفية تخفيض كمية المزيج المتشكل والتخلص منه لاحقاً.

يعتبر استعمال الفواصل (Pigs) واحداً من التقنيات الأساسية المستعملة في تطبيقات تكنولوجيا نقل النفط ومشتقاته بالأنابيب. تختلف الفواصل المستعملة بحسب طبيعتها ومجال استخدامها والهدف المرجو منها ، فمنها ما يكون معدني الجسم، بولميري، رغوي أو من المواد القابلة للنفخ. لم تستطع فواصل العزل (Separating pigs) معدنية الجسم أن تخفف من كمية المزيج المتشكل عند إرسالها بين المنتجات المنقولة على التسلسل[1]، وخصوصاً عند نقل المشتقات عبر خطوط أنابيب ذات بروفيل كثير التعرج (مثل خط أنابيب بانياس – حمص) إذ أثبتت التجارب الميدانية أن الفاصل سرعان ما يخرج من منطقة التماس أثناء الحركة ليزيد من كمية المزيج المتشكل بنتيجة حركاته النبضية الغير منتظمة داخل الأنابيب. تكون الفواصل بمعظمها صلبة (Mechanical pigs) ، البعض منها يرى، والآخر يتكلم وبعضها يكون ذكياً (Intelligent pigs) ولكن لا يستطيع أي واحد منها أن يؤدي الأدوار التالية مجتمعة:

1- أن يعبر تضيقات الخط أو يعبر من خلال مجسات الخط.

2- أن ينجز عمله بشكل فعال في الخطوط الطويلة ذات الأقطار المتغيرة.

3- أن يحافظ على ثباتية جيدة لمسافات طويلة.

4- أن يحافظ على درجة نظافة عالية للأنابيب أثناء أدائه لمهمته.

5- أن يجتاز كميات كبيرة من الترسبات الصلبة بدون التصاق (استعصاء الكاشط).

6- أن يؤمن فصل كامل بين المنتجات المنقولة وخاصة في أثناء توقف الضخ. يمكن للفواصل الهلامية أن تقوم بكل المهمات المذكورة سابقاً، وتتميز بأنها يمكن أن تحقن في أنبوب قطره 2

بوصة حيث لا يمكن لأي نوع من الفواصل الأخرى أن يقوم بذلك[5][7].

تعرف الفواصل الهلامية بأنها سلاسل من سوائل مهلمة عالية اللزوجة تم تطويرها للعمل ضمن تكنولوجيا الأنابيب قبل البدء بتشغيلها وبعده، بحيث يتحرك الفاصل عبر متممات الأنابيب المختلفة (أكواع ، فلنجات ، صمامات أو غيرها) أو يتغلغل عبر التضيقات ومن ثم يعود ليشكل كتلة متماسكة واحدة بخصائصها الأصلية غير المتأذية[2]. تكون الفواصل الهلامية عادةً ذات أساس مائي، هيدروكربوني، كيميائي أو اتحاد من سوائل قاعدية[4].

1- هدف البحث: يهدف هذا البحث إلى تشكيل فاصل هلامي مخبري انطلاقاً من بولمير قابل للذوبان بالماء (completely soluble polymer in water) مع عامل تهليم مناسب (cross-linking agent) قابل للذوبان بالماء أيضاً. يجب أن يتمتع الفاصل المشكل بالمواصفات التالية:

1- أن يكون مرناً يستطيع أن يتجاوز تضيقات أو توسعات الأنبوب مع تأمين درجة عالية من الفصل بين المنتجات حتى في حالة توقف الضخ وفي جميع حالات الضخ أيضاً.

2- ألا يؤثر أو يتأثر بمواصفات المشتقات النفطية المنقولة.

3- ألا يفقد خصائصه بتأثير ضغط ودرجة حرارة المنتجات المنقولة.

4- أن يكون رخيص الثمن.

2- المواد المستخدمة:

- بولي أكريل أميد (Anionic Polyacrylamide Superfloc PWG)
- كبريتات الكروم المائية
- مياه (Tap water)

الاسم التجاري	150	Anionic Polyacrylamide Superfloc A-100
المظهر الخارجي		حبيبات ناعمة بيضاء
الكثافة (Kg/M^3)		750-850
درجة حموضة محلول (0.5 %) عند الدرجة 25° c		5-7
لزوجة المحلول (cP) 0,1% 0,25% 0,5%		 100 250 500

جدول (1) يبين مواصفات البولمير المستخدم.

الاسم التجاري	كبريتات الكروم المائية
الصيغة الكيميائية	$Cr_2(SO_4)_3.6H_2O$
المظهر الخارجي	حبيبات مائلة للخضرة
محتوى الكروم %	20.7 - 21
محتوى الكبريتات %	53.7 - 57.6
الحد الأعلى للشوائب % مواد غير منحلة الكلورايد الحديد	 0.1 0.005 0.003

جدول رقم (2) يوضح مواصفات عامل التهليم المستخدم.

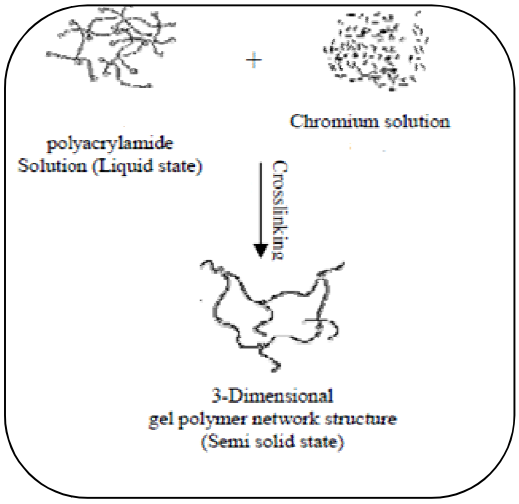
3. طريقة العمل:

1- تحل كمية من البولمير المعدة سلفاً في نسبة من المياه على الخلاط المغناطيسي (magnetic stirrer) حتى يتشكل محلول بولميري متجانس لزج بالتركيز المطلوب.

2- تحضر كمية من كبريتات الكروم المائية في الماء بتركيز 20 gr /L .

3- يضاف محلول كبريتات الكروم المائية إلى المحلول البولميري بنسب معينة (كما سيرد لاحقاً) ويمزج الناتج على الخلاط المغناطيسي ويترك فترة من الزمن ليستقر.

4- تكرر العملية السابقة لتراكيز مختلفة من البولمير ونسب مختلفة من كبريتات الكروم إلى البولمير ويدرس تأثير المتغيرات المذكورة على طبيعة الهلام المتشكل وزمن تشكله. تتم العمليات السابقة في درجة حرارة المخبر.



شكل رقم (2) يبين رسم تخطيطي لتفاعل التهليم

تتميز تفاعلات تهليم المحاليل البولميرية بدخول معامل التهليم العضوي أو المعدني (Metallic or organic crosslinker) في بنية البولمير الثنائية الأبعاد والوصل بين السلاسل البولميرية المتقاربة لإعطاء بنية ثلاثية الأبعاد[6]

(3D– Gel polymer network structure) كما هو موضح في الشكل رقم (2)

4– **تأثير تركيز البولمير** (Effect of polymer concentration):

يتمتع كل نظام هلامي (Gel system) بتركيز أصغري حدي COC (Critical Overlap Concentration) يتعلق بمواصفات البولمير المشكل للهلام بشكل عام بحيث لا يتشكل الهلام إلا عند تركيز أعلى من COC[2]. وبالتالي كانت بداية العمل المخبري موجهة لتحديد التركيز الحدي الأصغري المطلوب. تم تحضير سبع عينات من البولمير بحجم 100 مل على الخلاط المغناطيسي وبتراكيز (1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 10000, 15000) PPM ، ومن ثم تمت إضافة محلول كبريتات الكروم المائية بتركيز 20 غرام / لتر إلى عينات البولمير المنحل وبنسبة محلول بولميري / عامل التهليم مساوية 10/3 وخلطت على الخلاط للوصول إلى درجة التجانس وتركت لتستقر وتمت مراقبة عملية التهليم خلال فواصل زمنية معينه وتم استخدام التصنيف التالي للهلام الناتج:

– لا يوجد هلام متشكل No Gel Detected (لزوجة المزيج مساوية للزوجة المحلول البولميري البدائي) – **(A)**

– هلام عالي الحركية High Flowing Gel - **(B)**

– هلام قليل الحركية Low Flowing Gel - **(C)**

– هلام مطاطي Rubbery Gel - **(D)**

– هلام مدمر Deformable Gel - **(E)**

الجدول رقم (3) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها.

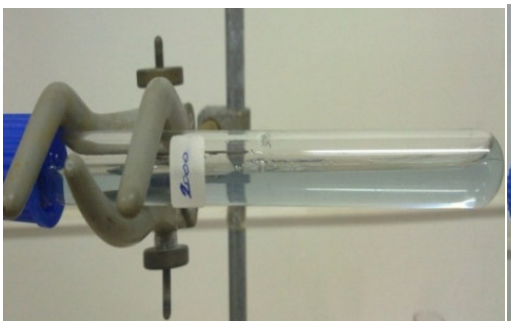
تركيز البولمير (10^3) (PPM)	1	2	3	4	5	10	15
الزمن	تصنيف الهلام (Gel code)						
10 min	A	A	A	B	C	D	D
1 hr	A	A	B	C	D	D	D
2 hr	A	B	B	C	D	D	D
5 hr	A	B	B	D	D	D	D
24 hr	A	B	C	D	D	D	D
100 hr	A	E	E	E	D	D	D

جدول رقم (3) يوضح تصنيف عينات الهلام المتشكل مع الزمن

من الجدول رقم (3) يتبين أنه عند تركيز PPM 2000 وبنسبة عامل التهليم / البولمير مساوية (3/10) يبدأ الهلام بالتشكل بعد ساعتين تقريباً (تبدأ البنية الثلاثية الأبعاد بالظهور) وبالتالي يمكن اعتبار أن COC= 2000 PPM. وتبين لنا أيضاً أنه وعند تراكيز أعلى من COC وخلال فترات زمنية مختلفة يتشكل هلام ببنيات مختلفة .

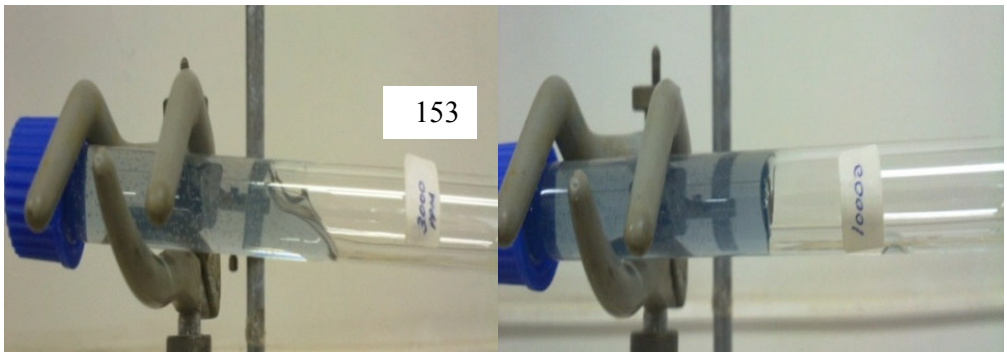
يمكن تفسير وصول بعض العينات إلى المرحلة E (جل مدمر) باستخدام ظاهرة الثباتية الطورية (Phase Stability) وهي قدرة الشبكة الثلاثية للهلام المتشكل على مقاومة خروج الماء من بنيتها الشبكية، بعبارة أخرى انهيار النظام الهلامي للبولمير وخسارة خاصية الالتصاق الداخلي لسلاسل البولمير والتي ينجم عنها تقلص الهلام (Gel Shrinkage) وطرد الماء من بنية البولمير[6][4] .

توضح الأشكال (3,4,5,6,7) مراحل تشكل الهلام مع تغير التراكيز.

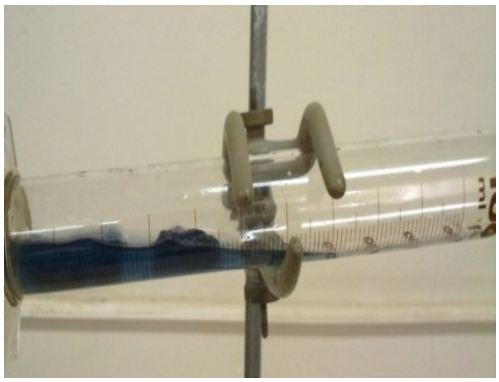


شكل رقم (3) العينة بتركيز (1000 PPM) ونسبة المحلول البولميري / عامل التهليم هي (10/3) لا يوجد آثار لهلام متشكل بعد مرور 24 ساعة

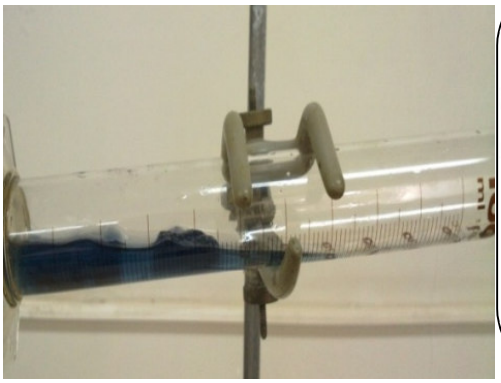
شكل رقم (4) العينة بتركيز (2000 PPM) ونسبة المحلول البولميري /عامل التهليم هي (10/3) يلاحظ آثار لهلام متشكل من النوع B

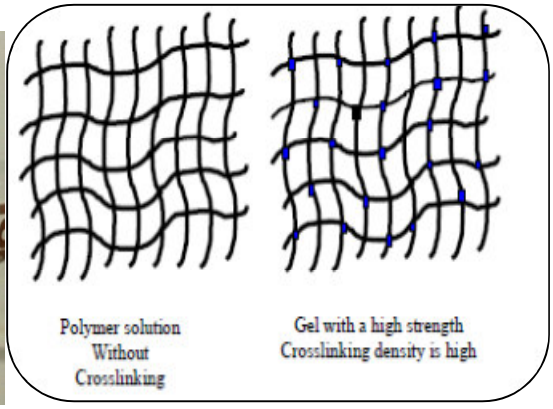


شكل رقم (5) العينة بتركيز (3000 PPM) ونسبة المحلول البولميري / عامل التهليم هي (10/3) تزداد قوة الهلام ويتحول إلى النوع C بعد مرور 24 ساعة يتشكل الهلام المطاطي D خلال دقائق



شكل رقم (6) العينة بتركيز (10000 PPM) ونسبة المحلول البولميري / عامل التهليم هي (10/3)





شكل رقم (7) يوضح الهلام المدمر (E)

شكل رقم (8) يوضح تأثير عامل التهليم على قوة بنية البولمير

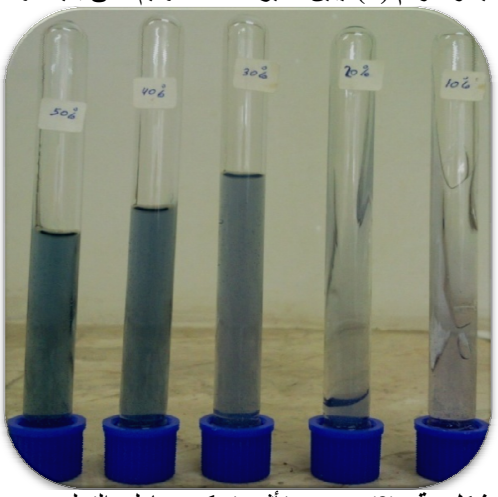
5. تأثير تركيز عامل التهليم

(Effect of crosslinker concentration)

يزيد عامل التهليم المناسب للمحاليل البولميرية من صلابة بنية البولمير[6] ويحسن من خصائصه الفيزيائية (لزوجة، قوة الهلام) وهو ما سيمكن لاحقاً من استخدامه كفاصل هلامي في خطوط نقل النفط ومشتقاته. بعد أن تم التوصل إلى التركيز الحدي الأصغري COC ، تم تحضير خمس عينات من المحلول البولميري بتركيز (10000 PPM) ، ومن ثم تمت إضافة محلول كبريتات الكروم بالتركيز 20 غرام / لتر وبنسب (عامل التهليم / المزيج الكلي) مختلفة. والجدول رقم (4) يوضح 154 تي تم الحصول عليها.

النسبة الحجمية لعامل التهليم	10%	20%	30%	40%	50%
الزمن(hr)	تصنيف الهلام (Gel Code)				
1	C	C	C	D	D
5	C	C	C	D	D
24	C	C	D	D	D
72	C	C	D	D	E

جدول رقم (4) يبين تأثير عامل التهليم على بنية الهلام الناتج



شكل رقم (9) يوضح تأثير تركيز عامل التهليم

يتضح من النتائج أنه وعندما إزداد تركيز عامل التهليم في المزيج الكلي من 30% إلى 40% فإنه يزداد معدل التهليم وبالتالي تزداد قوة الهلام. لوحظ هنا تكرر ظاهرة تخرب الهلام عند تراكيز عالية لمعامل التهليم 50% بعد مرور 72 ساعة وذلك لنفس السبب الذي ذكر سابقاً في تقييم تأثير تركيز البولمير على بنية وقوة الهلام المتشكل،

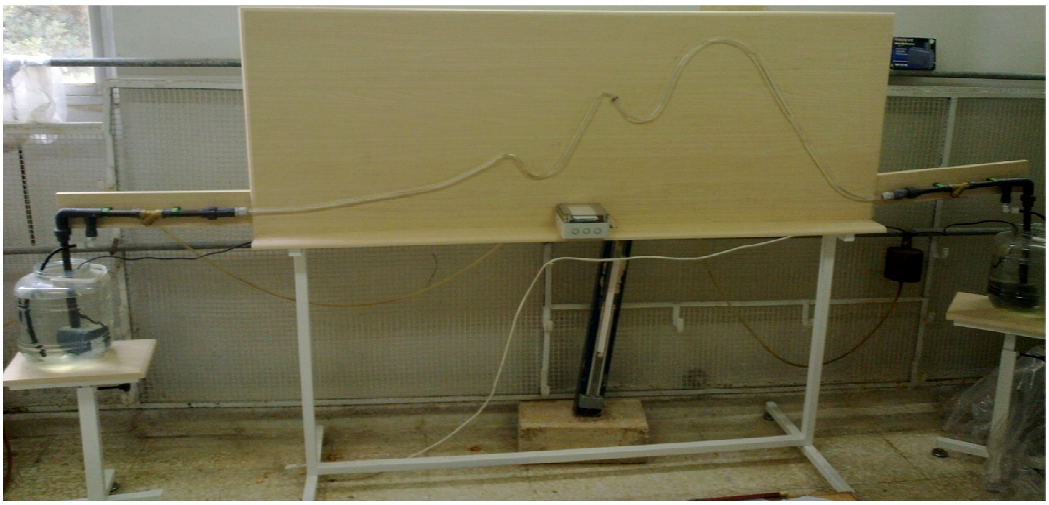
حيث تؤدي زيادة تركيز معامل التهليم إلى انخفاض الوزن المولي في المنطقة ما بين نقاط الوصل في بنية الهلام الشبكية (شكل رقم 8) وبالتالي يقل الفراغ بينها وتنخفض كمية المياه ما يؤدي إلى خروجها خارج البنية الشبكية للهلام وإلى تقلص الهلام. الشكل رقم (9) يوضح العينات الخمسة السابقة بعد مرور 24 ساعة. بعد دراسة تأثير المتغيرات السابقة على بنية وقوة الهلام الناتج عن تفاعل التهليم.

شكل رقم (a–10) يبين شكل وبنية الفاصل الهلامي

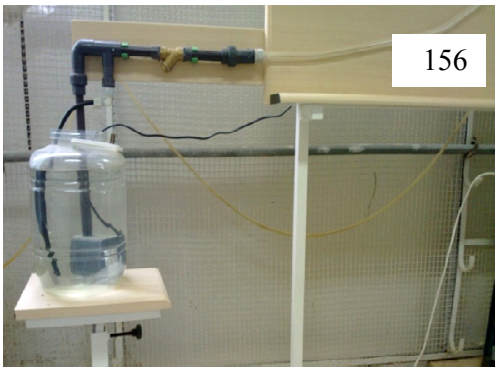
تم تحديد التركيز الأفضل ونسبة تركيز المحلول البولميري/ عامل التهليم الأمثل لتشكيل الفاصل الهلامي المنشود. الشكلان التاليان يوضحان شكل وبنية الفاصل الهلامي المنشود.

6- اختبار الخصائص الحركية للفاصل المقترح:

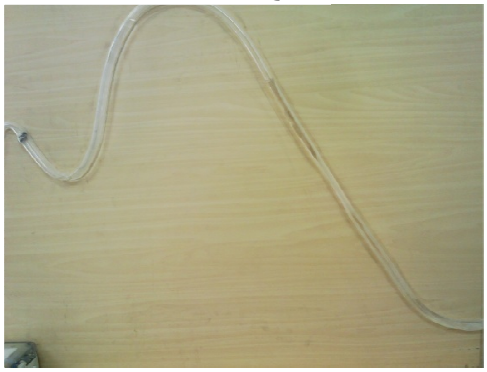
تم تصميم محطة مخبرية لاختبار حركية الفاصل أثناء أدائه لمهمته في الفصل بين السوائل المختلفة وهي موضحة في الأشكال رقم (11,12,13) بحيث أن:



شكل رقم (11) يوضح المحطة المخبرية اللازمة لاختبار حركية الفاصل



شكل رقم (13) يبين التوصيلات المركبة على مدخل الأنبوب1-



شكل رقم (12) يبين مناطق تغير المقطع

أنبوب زجاجي مصنع بقطر خارجي متغير وقد أخذ هذا الشكل محاكاةً للتضاريس التي يمر بها خط أنابيب بانياس – حمص من ارتفاعات ومنخفضات بشكل تقريبي وهو مزود بمناطق تغير للمقطع الداخلي للأنبوب موضحة في الشكل رقم (12).

2- وحدة تحكم منطقية قابلة للبرمجة (PLC) تتحكم بعمل المضختين على جانبيها بحيث تستطيع إعطاء الأوامر لكل مضخة على حدا للعمل بزمن مقرر مسبقاً ومن ثم تتوقف المحطة عن العمل لزمن مقرر مسبقاً أيضاً ومن ثم تبدأ المضخة الثانية بالعمل وهكذا. أي يمكن التحكم بزمن عمل واستراحة كل مضخة بالإضافة لزمن العمل الكلي للمحطة بشكل عام.

3- توصيلات بلاستيكية ومعدنية مختلفة للوصل بين الأنبوب الزجاجي و المضخة.

1-7 دراسة فعالية عمل الفاصل بين سائلين مختلفي الكثافة خلال زمن الفصل المقدر مسبقاً وذلك لأطوال مختلفة للفاصل:

تم تحضير ثلاثة فواصل بأطوال L= 3D, 4D, 5D حيث D هو القطر الداخلي للأنبوب و حقنت الفواصل في الأنبوب لتقوم بدورها في الفصل بين نوعين من السائل هما مياه الصنبور ومياه مالحة حيث قيم كثافتي السائلين هي كالتالي عند الدرجة 20 مئوية: $\rho_1 = 1000\ kg/m^3$ ، $\rho_2 = 1100\,kg/m^3$ على التوالي وبألوان مختلفة لتوضيح حركة الفاصل ضمن الأنبوب وبيان حجم المزيج المتشكل جراء الضخ مع الزمن (على اعتبار

أن حجم المزيج المتشكل هو جزء الأنبوب أمام وخلف الفاصل المليء بالمزيج الملون بمزيج لوني المياه) علماً أنه وبعد الانتهاء من كل تجربة منفصلة كان يتم قياس كثافة السائلين الموجودين في الوعاءين والتأكد من عدم تغيرهما عند درجة الحرارة المعيارية وهي 20 مئوية ووضعت النتائج التي تم الحصول عليها في الجدول التالي:

طول الفاصل	حجم المزيج المتشكل	الزمن
3D	10D	3 ساعات
4D	3D	40 ساعة
5D	لا يوجد	40 ساعة

يتضح من الجدول أن الطول الأصغري للفاصل اللازم استخدامه للفصل، والذي يمنع تشكل المزيج نهائياً خلال زمن الضخ اللازم لوصول جبهة المزيج إلى حمص من بانياس عند ضخ المنتجات النفطية على التسلسل و المقدر ب 40 ساعة مع الحفاظ على مرونة الفاصل، هو خمسة أضعاف قطر الأنبوب الداخلي.

7-2 سلوكية الفاصل في إزاحة الماء والهواء من [157] بوب:

عند توقف الضخ في خطوط أنابيب نقل النفط ومشتقاته، وبخاصة إذا كان المسار معقد جيوديزياً كما هو الحال في خط أنابيب بانياس – حمص، يحصل تموضع للمياه المرافقة للنفط في المنخفضات بينما يرتقي الهواء إلى أعلى قمم مسار الخط بفعل الجاذبية الأرضية[1]. ومع مرور الزمن تتراكم كميات لا بأس بها من المياه في مناطق المنخفضات أو كما تسمى بمناطق الركود وتصبح عملية إزالتها (كسحها) من الخط، بعد إقلاعه وعودته إلى العمل، أكثر صعوبة وتتحول إلى مناطق خطرة جداً كبؤر للتآكل الداخلي في الأنابيب بسبب ما تحتويه هذه المياه من مواد أكالة لمعدن الأنبوب.

يتمتع الفاصل البولميري الذي تم تشكيله بفعالية عالية على إزاحة الماء والهواء من حنايا الأنبوب بسبب قدرته الجيدة على الإلتآم مع جدران الأنبوب ومحافظته على مرونته طيلة فترة عمل الفاصل وهو ما تم التحقق منه في قدرة الفاصل على الفصل بين المنتجات المختلفة بالمواصفات.

7-3 قدرة الفاصل على الفصل عند توقف الضخ:

تسود قوى الجاذبية الأرضية في الأنابيب عند توقف ضخ السوائل المختلفة بالكثافة ضمنها وتسعى السوائل والغازات إلى الاستقرار ضمن الأنبوب بحيث تصعد السوائل الأخف للأعلى وتهبط الأثقل[3]. تتكرر ظاهرة توقف ضخ المنتجات النفطية على التسلسل في خط أنابيب بانياس – حمص وذلك لأسباب منها ما يعود إلى توقف المضخات عن العمل لأسباب كهربائية أو ميكانيكية ومنها ما يعود إلى القدرات التخزينية للمشتقات في مستودعات حمص ومستودعات بانياس.

يلعب الفاصل البولميري دوراً جيداً في الفصل بين السوائل المختلفة أثناء التوقف، وبالتالي فإنه يمنع تشكل وامتداد وتغلغل ألسنة أحد السائلين في السائل الآخر وبالتالي يمكن القول بأن الفاصل الهلامي المشكل قادر على منع تشكل المزيج في منطقة التماس بين المنتجات ومنع ازدياد تشكل المزيج أثناء توقفات الضخ.

7-4 اختبار الفاصل البولميري تحت الضغط والحرارة:

تم تصميم رأس اختبار للضغط مصنع من أنبوب معدني بمواصفات وسماكة مناسبين لتحمل ضغط الاختبار ملحوم إليه فلنجة مناسبة لنوع المعدن مع جوان عزل من الداخل وتم تزويد الأنبوب بفتحتين قطر نصف بوصة لتركيب رأس الضاغط ومقياس الضغط كما هو موضح في الشكل رقم (14)، بحيث يوضع فيه الفاصل ويغمر

بالمشتق النفطي الأثقل وهو المازوت (diesel) **شكل رقم (14)** رأس الاختبار ويضغط لمدة 40 ساعة، وهي الفترة اللازمة لوصول جبهة المزيج إلى حمص قادمة من بانياس وقيمة الضغط 52 بار وهي القيمة الأعلى للضغط داخل خط أنابيب بانياس – حمص (ضغط طرد محطة ضخ بانياس). بعد نهاية المدة تم استخراج الفاصل واختبار حركيته لمدة ساعة واحدة داخل المحطة المخبرية وقد أثبت فعاليته على الفصل الجيد بين السائلين المختلفين بالكثافة. لاختبار مدى تأثر الفاصل بحرارة الضخ تم تشكيل فاصل وغمره بمادة المازوت في بيشر زجاجي ووضعه ضمن حمام مائي مزود بترموستات وتم تثبيت درجة الحرارة على 40 مئوية وهي الدرجة الأعلى التي يمكن مصادفتها للسائل ضمن الخط في الشهر الأكثر حرارةً من السنة ولمدة 40 ساعة أيضاً، وبعد انقضاء المدة تم استخراج الفاصل من البيشر واختبار حركيته ضمن المحطة المخبرية وقد أثبت نفس الفعالية في الفصل التي تم الوصول إليها في درجة حرارة المخبر. انطلاقاً مما سبق يمكن الحكم على عدم تأثر بنية وشكل وأداء الفاصل البولميري بحرارة وضغط الضخ وعدم تأثر الفاصل بالمنتجات النفطية التي يكون على تماس معها في شروط الضخ.

الصور التالية توضح أهم التجارب التي أجريت على الفاصل البولميري في المحطة المخبرية حيث يظهر الفاصل باللون الأزرق.

شكل رقم (15–a) شكل رقم (15–b) شكل رقم (15–c)

شكل رقم (15-d) شكل رقم (15-e) شكل رقم (15-f)

a- يبين قدرة الفاصل على الفصل بين السائلين المختلفين باللون والكثافة.

b- يبين الفاصل وقد عبر التضيق وبقي محافظاً على قدرته على الفصل.

c- يبين الفاصل وهو يعبر المنخفض وما زال محافظاً على مرونته وقدرته على الفصل.

d+e- يبين قدرة الفاصل على كسح الهواء أمامه.

f- يبين قدرة الفاصل على الفصل بعد 5 ساعات من توقف الضخ حيث السائل الأحمر هو المياه المالحة (الأثقل).

خلاصة البحث:

1- بنتيجة البحث تم تشكيل فاصل هلامي (Gel pig) انطلاقاً من بولمير قابل للذوبان بالماء وعامل تهليم مناسب قابل للذوبان بالماء يتمتع بالشروط المطلوبة من حيث البنية والسلوكية وهو لا يتأثر بضغط وحرارة الضخ ضمن شروط تشغيل خط بانياس – حمص الحد 159 أثر بالمواد النفطية المنقولة عبر الخط.

2- أثبتت التجارب أن الفاصل المقترح يحقق فصلاً كاملاً بين المنتجات المنقولة على التسلسل ضمن الأنبوب.

3- يقوم الفاصل المشكل، إضافةً إلى قيامه بالفصل بين المنتجات، بدور تنظيف الأنابيب من المياه والهواء وبعض الرواسب الغير ملتصقة بالجدران إن وجدت وهذا ما يرفع من استطاعة الأنابيب.

4- يقوم الفاصل بدوره بشكل جيد في الفصل بين المنتجات عند توقف الضخ حتى في حال توقف الفاصل في مناطق المنحدرات.

5- إن طول الفاصل المقترح القادر على منع امتزاج المنتجات المنقولة على التسلسل في خط أنابيب بانياس – حمص هو خمس أضعاف قطر الأنبوب الداخلي أي ما يقارب 3M.

المراجع باللغة العربية:

1- أ. د. ماهر سعادة، 1997 – **نقل وتخزين النفط**. منشورات جامعة البعث – كلية الهندسة البترولية والكيميائية.

المراجع باللغة الانكليزية:

2- Keys, M.S., (March 2000) Conversion of existing crude oil pipelines using gel pig technology, pipeline and gas journal.

3- LUREI, V., (1999) Refined products transporting, Russian federation state University of oil and gas, Moscow.

4- Purinton, R.J., (March 1987), Practical applications for gelled fluid pigging, pipeline industry journal.

5- Robert Davidson, (2002) An introduction to pipeline pigging, Halliburton Pipeline and Process Services publications. USA.

6- Sydansk, R., (1988) A new c 174 ance improvement treatment chromium (III) gel technology, Paper SPE 17329 Presented at the SPE Enhanced Oil Recovery Symposium, Tulsa, Oklahoma, USA.

7- Tiratsoo, J.N.H. (1999) Pipeline pigging technology, 2nd ed, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, Washington DC, USA.