COMPOSITE WRAP FOR NON-LEAKING PIPELINE DEFECTS

التغليف المركب لعيوب خطوط الأنابيب التي لا تتعلق بالتسرب

ملخص تنفيذي

يُعد التغليف المركب تكنولوجيا دائمة وفعالة التكلفة لإصلاح خط الأنابيب، كما تعد هذه التكنولوجيا ملائمة للعيوب التي لا تتعلق بالتسرب مثل الحُفر والتجويفات والنقر والتآكل الخارجي. يمكن إجراء التغليف المركب على خط الأنابيب العامل دون تعطيله عن الخدمة. تعد هذه التقنية الخاصة بالإصلاح تقنية سريعة وأقل تكلفة بوجه عام من خيارات الإصلاح الأخرى ودائمًا ما تعمل على استعادة قدرة الضغط الخاصة بالأنبوب عند تركيبه بشكل مناسب.

يمكن أن يمثل التغليف المركب بديلاً عن ممارسات إصلاح خط الأنابيب التقليدية مثل استبدال خط الأنابيب أو تركيب جلبات منشقة محاطة تمامًا بالفولاذ. ومقارنة بتلك الممارسات التقليدية، تعد إصلاحات التغليف المركب بوجه عام أقل ثمنًا وأقل استهلاكًا للوقت وأقل حاجة إلى العمالة. في حالة استبدال خط الأنابيب، تكون للإصلاحات عن طريق التغليف المركب مزايا إضافية فيما يتعلق بتجنب توقف خدمة العملاء وتقليل معدلات انبعاث غاز الميثان ذات الصلة بالتسرب من خط الأنابيب التالف.

غالبًا ما يؤدي استخدام التغليف المركب كبديل عن استبدال خط الأنابيب إلى توفير كمية كافية من الغاز لرفع تكاليف الإصلاح بشكل فوري. وقد أعلن أحد شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي عن إنجاز من ٢ إلى ٦٥ عملية إصلاح عن طريق التغليف المركب في العام على خطوط أنابيب مقاس ١٠ بوصة وأكبر من ذلك مما أدى إلى توفير ٥٢٦ إلى ٢٧٥٠٠ ألف قدم مكعب من الغاز الطبيعي في كل عملية إصلاح. وفي الفترة بين عام ١٩٩٣ و١٩٩٩، وفر هذا الشريك ١٣٣ و١٠٦ ألف قدم مكعب عن طريق اختيار التغليف المركب بدلاً من استبدال خط الأنابيب.

طرق تقليل انبعاثات غاز الميثان	حجم الغاز الطبيعي الذي يتم توفيره (ألف قدم مكعب/عام)	قيمة فوائض الغاز الطبيعي (دولار/عام)[٢]	تكاليف التطبيق (الدولار)[٣]	العوائد (الشهور)
الإصلاح باستخدام التغليف المركب [١]	٣٩٦٠	٢٧٧٢٠ دولار	٥٦٤٨ دولار	٣

[١] إصلاح عيوب قدرها ٦ بوصات على خط أنابيب قطره ٢٤ بوصة يتم تشغيله على ٣٥٠ رطل لكل بوصة مربعة مع ١٠ أميال فرق بين صمامات القفل.
[٢] بافتراض سعر الغاز الطبيعي ٧ دولارات/ألف قدم مكعب.
[٣] بما في ذلك تكاليف العمالة والمعدات والمواد والتكاليف المباشرة لاحظ أن تكلفة استبدال خط الأنابيب لهذا المثال هي ٣٩,٥٣ دولار بما في ذلك تكلفة غاز التنظيف (النيتروجين بمعدل ٨ دولارات/ألف قدم مكعب) انظر الرسم التوضيحي (٥) لمزيد من التفاصيل.

هذه سلسلة واحدة من "ملخصات الدروس المستفادة" التي أعدتها "وكالة الحماية البيئية" (EPA) بالتعاون مع جهات صناعة الغاز الطبيعي بخصوص التطبيقات الفائقة ل"أفضل ممارسات الإدارة" (BMPs) والفرص المذكورة من جانب الشركاء (PROs) التابعة لبرنامج ستار للغاز الطبيعي Natural Gas STAR.

الدروس المستفادة

الخلفية الفنية

يمكن أن تؤدي عيوب خط الأنابيب غير وثيقة الصلة بالتسرب مثل التآكل والتجويفات والنقر والحفر والتصدع إلى تمزق خط الأنابيب. وحسب لوزارة المواصلات الأمريكية، فإن هناك ثلاث طرق رئيسية لإصلاح عيوب خطوط الأنابيب المصنوعة من الفولاذ والتي لا تتعلق بالتسرب:

- ★ قطع الجزء التالف واستبداله بأنبوب جديد.
- ★ تركيب جلبة منشقة مغلفة تمامًا بالفولاذ على المنطقة التالفة.
- ★ تركيب جلبة مركبة على المنطقة التالفة.

يعد كلا الإجرائين سواءً استبدال خط الأنابيب أو تركيب الجلبة الفولاذية باهظ الثمن، كما يستهلكا الوقت ويحتاجان إلى كثير من العمالة. يحتاج استبدال خط الأنابيب إلى وقف عمل ذلك الجزء المتأثر من خط الأنابيب وغالبًا ما يؤدي ذلك إلى تعطل الخدمة. يتم آنذاك تنظيف الغاز الموجود في خط الأنابيب ويتم قطع الجزء المتأثر ولحام جزء جديد من خط الأنابيب مكانه. عادة ما يتم استخدام الجلبات الفولاذية لإصلاح خط الأنابيب الذي يعاني من التسرب أو الاهتراء دون توقف للعمل. يتم شق خط الأنابيب التالف وتنظيف سطحه ثم يتم لف أو لحام الجلبة الفولاذية المنشقة في المكان المخصص لها.

يمكن أن يعمل استخدام التغليف المركب كبديل لاستبدال خط الأنابيب على تقليل مخاطر الأمان وتقليل زمن تعطل خط الأنابيب وتوفير الغاز من أجل بيعه وتخفيض معدلات انبعاث غاز الميثان إلى الجو. تسمح أنظمة التغليف المركب بإصلاح خط الأنابيب دون وقف تدفق الغاز أو تنظيف خط الأنابيب أو قطع الأنبوب. تعمل أنظمة التغليف المركب عن طريق نقل الضغط الطوقي من مكان العيب عبر مرشح ذا قوة ضاغطة عالية إلى الجلبة المركبة الملفوفة حول الأنبوب والمربوطة فيه. تعتبر جلبات التغليف المركب من الإصلاحات المحاطة تمامًا في النوع (أ) (انظر المربع النصي).

الأنواع المتعددة للتغليف المركب

هناك العديد من الأنواع المتاحة للتغليف المركب. تستعين أنظمة التغليف المركب بمواد مختلفة للتعليقات واللصق، وتستخدم بعض الأنظمة البوليمر والإيبوكسي وعوامل المعالجة. تتضمن الأمثلة: كلوك سبرينج (Clock Spring®) وسترونج بوك (StrongBack) وأرمور بليت (Armor Plate®) وبيرماراب (PermaWrap™). لكل نوع من هذه الأنواع مميزات محددة:

فنتان من الجلبات ذات الإحاطة التامة

النوع (أ): الجلبات الفولاذية غير الملحومة حول محيط الأنبوب الأصلي.
النوع (ب): الجلبات الفولاذية الملحومة حول المحيط.

- ★ يعد كلوك سبرينج نظامًا ذا ثلاثة أجزاء تتكون فيه الجلبة ذاتها من الألياف الزجاجية ومادة صمغية من البولي إستر.
- ★ يتم تفعيل نظام سترونج بوك بالماء ويمكن استخدامه مع الأسطح الرطبة.
- ★ ينتج نظام أرمور بليت مجموعة متنوعة من أنظمة التغليف التي يمكن استخدامها في مجموعة كبيرة من الظروف بما في ذلك الضغط المرتفع أو المنخفض ودرجة الحرارة المرتفعة أو درجة التجمد أو تحت المياه.
- ★ يتمتع نظام بيرماراب (الذي تقوم على تصنيعه شركة راب ماستر) بخاصية تسمح باكتشاف التغليف السابق من خلال استخدام مقياس ذكي ولذلك، لن يضطر المشغلون لكشف أجزاء خطوط الأنابيب التي تم إصلاحها بالفعل.

يعرض معظم المصنعون برامج الفيديو وبرامج المساعدة التدريبية وبرامج تحليل عيوب خط الأنابيب. تتطور تقنيات التغليف المركب بشكل سريع ويتم تشجيع الشركاء على البحث عن أفضل نظام يفي باحتياجاتهم بمجرد أن يتخذوا القرار لإصلاح خط الأنابيب الذي لا يعاني من التسرب باستخدام التغليف المركب. انظر قسم المراجع في نهاية هذه الدراسة للحصول على قائمة جزئية بأسماء المصنعين.

الإصلاح باستخدام نظام كلوك سبرينج

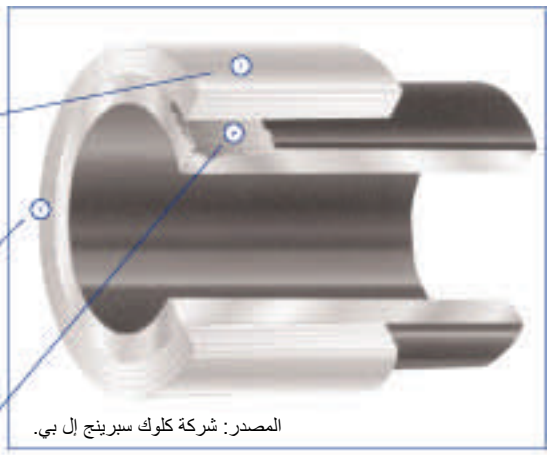
كما سبق، هناك العديد من أنظمة الإصلاح باستخدام التغليف المركب. ومن بين هذه الأنظمة التي استعان بها شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي نظام كلوك سبرينج[1]. سوف يتعمق هذا القسم في توضيح المواد وطريقة التركيب والاعتبارات الخاصة بهذا النظام.

---

[1] تركز هذه الدراسة على نظام كلوك سبرينج وذلك من أجل تبسيط التحليل الاقتصادي الذي سيتم ذكره فيما بعد بهذه الوثيقة. لا يدعي برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي كون هذا النظام الخاص بالتغليف المركب بعينه هو الأفضل أو الأسوأ من أي نظام آخر متاح في السوق.

الدروس المستفادة

يتكون نظام كلوك سبرينج للتغليف المركب من ثلاثة أجزاء:



المصدر: شركة كلوك سبرينج إل بي.

١. هيكل مركب عالي القوة وأحادي الاتجاه مصنوع من الألياف الزجاجية وقاعدة من البوليمر.

٢. نظام معالجة سريع وعالي الأداء يتكون من جزئين لاصقين، و

٣. مركب ذا قوة ضاغطة مرتفعة ومرشح لنقل

الهيكل المركب. عادة ما يكون سمك الطبقات المصفحة للتغليف المركب ٠,٠٦٢ بوصة ويتراوح محتوى الألياف الزجاجية بها من ٦٠ إلى ٧٠% من الوزن. سوف تغطي إحدى لفافات التغليف طول (١) قدم مكعب من الأنبوب. يتم لف التغليف المركب ٨ مرات طول الأنبوب مما يؤدي إلى تكوين سمك مقاس ١/٢ بوصة من المادة المدعمة. يتنوع طول الشريط الحلزوني لكل قطر للأنبوب. يكون نظام كلوك سبرينج للتغليف المركب متاحًا لخطوط الأنابيب التي يصل قطرها بين ٤ إلى ٥٦ بوصة.

المادة اللاصقة: تعد المادة اللاصقة المكونة من جزئين هي ميتاكريلات الميثايل الأيبوكسي ويتم استخدامها للصق التصليحات في مكانها.

تحويل الحمل (المرشّح): عند إصلاح خط الأنابيب، يعمل التغليف المركب عن طريق تبادل الحمل الطوقي الذي يحمله جدار الأنبوب. يتم تحويل هذا الحمل بكفاءة إلى المركب عن طريق المرشح. يتم ملء مكان العيب الخارجي بمادة ترشيح ذات قوة ضاغطة عليا وذلك من أجل منع جدار الأنبوب الضعيف من مزيد من التدني: تكون مادة الترشيح هي الميتاكريلات مع قوة ضاغطة تتجاوز ٨٠٠ رطل لكل بوصة مربعة.

التركيب: تكون هناك حاجة إلى التدريب من أجل ضمان التركيب السليم لنظام التغليف المركب. وبالنسبة لنظام التغليف المركب كلوك سبرينج، تشتمل عملية إعادة تأهيل خط الأنابيب على الخطوات التالية:

١. ملء مكان العيب الخارجي بمادة الترشيح.

٢. لحام ثمان طبقات من الجلبة المركبة حول الأنبوب مع وضع مادة لاصقة بين الطبقات.

٣. ربط جلبة التغليف المركب في الأنبوب عن طريق رباط الشد.

٤. السماح للمادة اللاصقة بمعالجة التلف لمدة ساعتين.

٥. طلي الأنبوب الذي تم إصلاحه من أجل منع التآكل أو التلف الناتج عن الأشعة فوق البنفسجية (ويعتمد ذلك على دفن الأنبوب من عدمه).

٦. إعادة دفن الأنبوب (عند الضرورة).

بمجرد التركيب، سوف يشكل المرشح والمادة اللاصقة والرباط المركب معًا إصلاحًا دائما تقدر جهة التصنيع استمراره بمدة ٥٠ عامًا على الأقل. في بعض الحالات، يمكن إنجاز المشروع كاملاً، من الحفر وحتى إعادة الدفن في أقل من ٤ ساعات. يمكن أن يقوم طاقم متدرب يتكون من فردين فقط بإنجاز عملية التركيب في أقل من ٣٠ دقيقة باستثناء وقت المعالجة.

الدروس المستفادة

هناك العديد من النقاط الهامة التي ينبغي وضعها في الاعتبار عند تركيب نظام كلوك سبرينج:

- أن الحد الأقصى من درجة التشغيل لنظام كلوك سبرينج هو ١٣٠ درجة فهرنهايت في ظل أسوأ ظروف التربة المشبعة تمامًا.
- يمكن تكييف درجات حرارة الغاز الداخلية التي تصل إلى ١٨٠ درجة فهرنهايت في النسخة المعدلة من نظام كلوك سبرينج
- إذا تم استخدام نظام كلوك سبرينج فوق سطح الأرض، تكون هناك حاجة إلى غلاف وقائي نتيجة لحساسية المادة للأشعة فوق البنفسجية.
- بينما يمكن القيام بإصلاح كلوك سبرينج على ضغط الخط التام، توصي جهات التصنيع بتقليل ضغط خط الأنابيب أثناء الإصلاح. لأن المنطقة التي يتم إصلاحها تتمدد عند إعادة ضغطها. يتحول الضغط الطوقي من الفولاذ إلى التغليف المركب مما يؤدي إلى تحول أكبر للحمل.
- يجب أن يمتد تغليفان على الأقل خلف المنطقة التالفة على أي جانب من جوانب العيب من أجل التصاق نظام كلوك سبرينج بالأنبوب الأصلي. وعليه، يمكن استخدام جلبة مقاس ١٢ بوصة منفردة لإصلاح الخلل الذي يصل طوله إلى ٨ بوصات. وبالنسبة للتلف الذي يتجاوز طوله ٨ بوصات، يتم إدخال جلبات التغليف المركب المتعددة بالقرب من بعضها البعض وذلك من أجل تغطية طول التلف (يمكن أن تبقى هناك فجوة قدرها ١/٢ بوصة بين فواصل الإدخال). في الولايات المتحدة الأمريكية، تم إدخال ما يصل إلى ١٥ جلبة كلوك سبرينج جنبًا إلى جنب وذلك من أجل إصلاح الخلل في الأنابيب التي يصل قطرها بين ١٦ و٣٠ بوصة بواقع ٨٠٠ إلى ٩٠٠ رطل لكل بوصة مربعة.

المزايا الاقتصادية والبيئية

يمكن أن يسفر استخدام التغليف المركب كبديل عن استبدال خط الأنابيب عن مزايا اقتصادية وبيئية كبرى:

- تجنب التكاليف المرتبطة بضمان عدم توقف الخدمة أثناء الإصلاح مثل تكاليف تركيب المجاري الجانبية أو خطوط الخدمة المؤقتة.
- عدم تسرب غاز الميثان إلى الجو. يعمل استخدام التغليفات المركبة على الحد من خسارة الدخل الناتجة عن الخسائر في الغاز الطبيعي.
- تركيب أكثر سهولة وسرعة دون الحاجة إلى معدات خاصة أو عمالة ذات مهارة عالية، مثل اللحامين. يمكن تركيب التغليف المركب عن طريق طاقم من العاملين يتكون من شخصين متدربين خلال ٣٠ دقيقة. ويكون وقت المعالجة ساعتين تقريبًا.
- القدرة على إجراء الإصلاحات في ظل وجود الضغط التام في خط الأنابيب رغم أن الباعة يوصون بتقليل ذلك الضغط.

عملية اتخاذ القرار

باستخدام الخطوات الخمس تالية الذكر، يمكن للشركاء تحديد فوائض الميثان والمزايا الاقتصادية لاختيار التغليف المركب بدلاً من استبدال خط الأنابيب. يعد تحليل التكلفة الخاصة بالتغليف المركب ذا فائدة أيضًا لمقارنة إصلاحات الجلبات الفولاذية إذا كان تركيب الجلبات هو نشاط شركتك.

خمس خطوات لتقييم الإصلاح عن طريق التغليف المركب

١. قم بتحديد التطبيق الملائم.
٢. قم بحساب تكلفة الإصلاح عن طريق التغليف المركب.
٣. قم بتقدير فوائض الغاز الطبيعي.
٤. قم بحساب تكلفة استبدال خط الأنابيب.
٥. قم بتقييم المزايا الاقتصادية.

الخطوة ١: قم بتحديد التطبيق الملائم. من بين العيوب التقليدية التي يمكن إصلاحها عن طريق التغليف المركب التجويفات والنقر والتآكل الخارجي. يمكن إصلاح العيوب التي تتعلق بخسارة ٨٠% من سُمك الجدار باستخدام التغليف المركب. يمكن استخدام التغليف المركب أيضًا لإصلاح التآكل الداخلي على أساس مؤقت. إذا تمت إزالة مصدر التآكل، فيمكن أن يكون الإصلاح دائم.

عند اعتبار استخدام التغليف المركب، تشتمل عوامل اتخاذ القرار المهمة على عمق وطول فقدان الجدار أو تشويهه وقوة الإخضاع وعمق العيب وطول العيب المحوري وقطر خط الأنابيب وسُمك الجدار وضغط خط الأنابيب العامل. بينما تكون هناك حاجة إلى قياسات تفصيلية ميدانية لاتخاذ القرار النهائي فيما يتعلق بما إذا كان التغليف المركب سيعيد الأنبوب إلى حالته بما يتماشى مع معايير الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين أم لا. يمكن أن يكون استخدام البرامج مثل جريراب (GRIWrap®) ذا فائدة في تحديد ملائمة التغليف المركب لأحد أعمال الإصلاح. يمكن أن يكون التغليف المركب خيارًا مثاليًا للعيوب التي لا تتعلق بالتسرب عندما تكون هناك حاجة إلى إجراء الإصلاح وعند وجوب إتمام الإصلاح بشكل سريع وعند عدم وجود إمداد غاز للدعم.

الدروس المستفادة

إذا اتضح عدم إمكانية تطبيق الإصلاحات عن طريق التغليف المركب وأنه سوف يتم قطع خط الأنابيب واستبداله، فيجب أن يفكر الشركاء في التقنيات الأخرى التي يوصي بها برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي من أجل تقليل معدلات انبعاث غاز الميثان من خط الأنابيب الذي يخضع للإصلاحات. انظر دراسة الدروس المستفادة (استخدام تقنيات الضخ الزائد في خط الأنابيب لتخفيض الضغط قبل إجراء الصيانة).

الخطوة ٢: قم بحساب تكلفة الإصلاح عن طريق التغليف المركب. يمكن أن تتنوع تكلفة الإصلاح عن طريق التغليف المركب بشكل كبير بناءً على طول العيب وقطر خط الأنابيب. تعد التكاليف الرئيسية لتركيب جلبة التغليف المركب هي تكاليف العمالة والمعدات والمواد. والتكاليف غير المباشرة مثل خدمات التصريحات والفحص. وكما أوضح الباعة الذين تم الاتصال بهم بشأن هذه الدراسة، يمكن أن يقوم طاقم من العاملين يتكون من شخصين بتركيب جلبة مركبة من نوع كلوك سبرينج. في نصف ساعة، كتقدير تقريبي، نفترض استغراق كل شخص ساعتين ونصف لتركيب كل غلاف مركب (نصف ساعة للتركيب وساعتين للمعالجة). للحصول على تقدير أكثر شمولاً عن فترة الإصلاح، يمكنك إضافة الوقت اللازم للحفر وتركيب التغليف المركب ووقت المعالجة الخاص بالمادة اللاصقة ووقت جفاف الطلاء ودفن خط الأنابيب. أبلغ أحد الشركاء عن استخدامه لتقدير يصل إلى ١٦ ساعة من الحفر إلى إعادة الدفن للإصلاحات التي كانت تتطلب أربع أغلفة مركبة. يجب أن تتضمن التقديرات أيضًا التكاليف المباشرة لمواد الإصلاح المستهلكة (مثل مجموعة أدوات التغليف المركب والطلاء) والتكاليف غير المباشرة مثل خدمات الفحص والتصريحات.

مؤشرات نيلسون (Nelson) للأسعار

من أجل تقدير التضخم في تكاليف تشغيل وصيانة المعدات، يتم استخدام مؤشرات نيلسون فارار للتكلفة ربع السنوية (المتاحة في العدد الأول الذي يتم إصداره بشكل ربع سنوي في *مجلة النفط والغاز*) وذلك من أجل تحديث التكاليف في الوثائق الخاصة بالدروس المستفادة.

يتم استخدام مؤشر عمليات التكرير من أجل مراجعة تكاليف التشغيل بينما يتم استخدام مؤشر الآلات: التكلفة المفصلة لتكرير النفط من أجل تحديث تكاليف المعدات.

من أجل استخدام تلك المؤشرات في المستقبل، ابحث ببساطة عن أحدث رقم لمؤشر نيلسون فارار ثم قم بقسمة هذا الرقم على رقم مؤشر نيلسون فارار في فبراير/شباط ٢٠٠٦ وفي النهاية، قم بضرب الناتج في التكاليف الملائمة المذكورة في الدروس المستفادة.

تشتمل مجموعة التغليف المركب من نوع كلوك سبرينج على الكثير من البنود اللازمة لإجراء الإصلاحات، بما في ذلك الجلبة والمادة اللاصقة والمطباق الأسطواني وفُرش التطبيق. قد تتراوح التكلفة بين ٥٣٥ دولار لمجموعة أدوات خطوط الأنابيب التي تصل إلى ٤ بوصات إلى ما يقارب ٢٤٧٧ دولار لخط الأنابيب الذي يصل قطره إلى ٥٦ بوصة. ستكون هناك حاجة أيضًا إلى شراء بعض الأجهزة الإضافية مثل قضيب الإحكام والرباط وخط موصلات اللفائف. لكن هذه الأجهزة يمكن استخدامها في العديد من الإصلاحات ويمكن توزيع التكاليف على مدار عمر استخدام الجهاز. لمزيد من المعلومات بشأن مجموعة أدوات التغليف المركب، يرجى الرجوع إلى الملحق.

سوف تتضمن مجموعة الأدوات الخاصة بجهات التصنيع الأخرى أجهزة مختلفة. ورغم أن هذه الدراسة لا تعمل على مقارنة المزايا الاقتصادية لأنظمة التغليف المركب المتاحة، فإن السوق يعد تنافسيًا إلى حد ما. يتضمن التحليل الاقتصادي التالي المعلومات الخاصة بالتكلفة والتي تقدمها شركة كلوك سبرينج. يتم تشجيع الشركاء على البحث عن نظام التغليف المركب الذي يعد الأفضل للوفاء باحتياجاتهم وأن يستخدموا المنهجية التي تصفها هذه الدارسة الخاصة بالدروس المستفادة لإجراء تحليلهم الاقتصادي.

يوضح الملحق (١) تكاليف العمالة والمعدات الأكثر شيوعًا والتي يتم استخدامها لتقدير تكلفة إصلاح التغليف المركب. يتم استبعاد تكاليف التدريب لمرة واحدة وشراء المعدات التي يتم إعادة استخدامها حيث من المفترض أنها تكون مماثلة أو أقل من التكاليف المعادلة لها في مشروع استبدال خط الأنابيب.

نرجو ملاحظة أن هذه الأسعار الخاصة بالعمالة قد لا يتم تطبيقها على جميع أنواع الإصلاحات بالتغليف المركب. يجب أن يستشير الشركاء مصنعي التغليف المركب قبل إتمام تقديرات التكاليف.

الدروس المستفادة

الرسم التوضيحي ١: حساب تكلفة تركيب التغليف المركب

المعطيات: من أجل إصلاح "عيوب تقدر بنحو ٦ بوصات لا تتعلق بالتسرب على خط أنابيب قطر ٢٤ بوصة تعمل على نحو ٣٥٠ رطل لكل بوصة مربعة، قم بتقدير ١٦ ساعة لإنجاز المشروع [١] باستخدام فئات العمالة التالية [٢] افترض كون تكاليف الإدارة الهندسية والتخطيط ٢٥% من تكاليف العمالة الميدانية.

C_{labor} = تكلفة العمالة
السعر بالساعة لمجموعة العمال الميدانيين.
المشغل = ٤٦ دولار/ساعة.
القائم على إنشاء خط الأنابيب = ٤٣ دولار/ساعة.
الصبي المتمهن = ٢٨ دولار/ساعة.

C_{equip} = تكلفة المعدات
تكلفة المعدات الفردية
مجموعة أدوات التغليف المركب = ١,٠٨٧ دولار لكل مجموعة.
المجرفة الخلفية = ٤٥ دولار/ساعة.
جهاز السفع بالرمل = ١٢ دولار/ساعة.
= طلاء خط الأنابيب (٥% مجموعة مركبة) = ٥٤ دولار.

$C_{indirect}$ = التكاليف غير المباشرة مثل التكاليف الخاصة بطاقم الفحص الميداني وتكاليف التصريحات وما إلى ذلك (بافتراض ٥٠% من إجمالي تكلفة الأجهزة والعمال (٣)).

(١) حساب تكلفة العمال

C_{labor} = تكلفة الإدارة الهندسية+ تكلفة العمال الميدانيين.
تكلفة العمال الميدانيين = سعر الساعة × الوقت المطلوب لإنجاز العمل.
= ٤٦ دولار + ٤٢ دولار + ٢٨ دولار × ١٦
= ١,٨٥٦ دولار
تكلفة الإدارة الهندسية = ٠,٢٥ × ١٨٥٦ دولار = ٤٦٤ دولار
C_{labor} = ٤٦٤ دولار + ١٨٥٦ دولار = ٢٣٢٠ دولار

(٢) حساب تكلفة الأجهزة

C_{equip} = تكلفة المواد المستهلكة (مجموعة أدوات التغليف المركب والطلاءات) + تكلفة الإيجار/استخدام الأجهزة في الموقع.
= ١٠٨٧ دولار + ٥٤ دولار + (٤٥ دولار × ١٦)+ (١٢ دولار × ١٦)
= ٢٠٥٣ دولار

(٣) حساب التكاليف غير المباشرة

$C_{indirect}$ = تكلفة التصريحات وخدمات التفتيش والمصروفات التي ترتبط بحق الطريق والحق القانوني
= ٠,٥ × (C_{equip}+C_{labor}) = ٠,٥ × (٢٣٢٠ دولار + ٢٠٥٣ دولار)
= ٢١٨٦ دولار

(٤) حساب إجمالي تكاليف الإصلاح

إجمالي تكاليف الإصلاح = C indirect C equip + C labor +
= ٢٣٢٠ دولار + ٢٠٥٣ دولار + ٢١٨٦ دولار
= ٦٥٥٩ دولار

[١] معلومات مقدمة من الشريك
[٢] كويك بورتر "المزايا الاقتصادية لإصلاح خط الأنابيب" مؤتمر تشغيل النقل لجمعية الغاز الجنوبية، نيو أورليانز إل إيه، يوليو/تموز ٢٠٠١.
[٣] مشتق من بوريمان، ديفيد جيه وآخرين "تكنولوجيا إصلاح خطوط أنابيب نقل الغاز" صحيفة خطوط الأنابيب والغاز، مارس/آذار ٢٠٠٠.

الدروس المستفادة

الخطوة ٣: قم بتقدير فوائض الغاز الطبيعي. لا يتم استخدام الإصلاح عن طريق التغليف المركب للتعامل مع تسربات الغاز الطبيعي النشطة وعليه، فإن كمية الغاز التي يتم ادخارها هي كمية الغاز التي كان من الممكن خروجها إلى الجو في حالة تطبيق استراتيجية استبدال خط الأنابيب. يتطلب الاستبدال وقف عمل خط الأنابيب وعزل الجزء التالف من الأنبوب باستخدام صمامات القفل. يتم تحديد المسافة بين صمامات القفل من خلال لوائح وزارة المواصلات ويمكن أن تصل إلى ١٠ أميال في المناطق النائية. وبوجه عام، يتم تصريف الغاز الطبيعي في الجزء المنعزل من خط الأنابيب إلى الجو.

محتوى الميثان في الغاز الطبيعي

يحتوي الغاز الطبيعي عالي الجودة في خط الأنابيب الموجود في قطاع النقل على نسبة ٩٣% تقريبًا من الميثان. يمكن تقريب التخفيضات في معدلات انبعاث غاز الميثان عن طريق مقارنة محتوى الميثان في أنابيب الغاز الطبيعي عالي الجودة بفوائض الغاز الطبيعي التي يتم حسابها في هذه الوثيقة.

الرسم التوضيحي ٢: حساب فوائض الغاز الطبيعي من خلال الإصلاح باستخدام التغليف المركب

المعطيات: تقوم إحدى شركات خطوط الأنابيب بإجراء الإصلاح باستخدام التغليف المركب على خط أنابيب يصل قطره إلى ٢٤ بوصة يعمل على ٣٥٠ رطل لكل بوصة مربعة مع صمامات قفل تبلغ المسافة بينها ١٠ أميال.

D = القطر الداخلي لخط الأنابيب (بالبوصة).

L = طول خط الأنابيب بين صمامات القفل (بالقدم).

P = ضغط خط الأنابيب (Psia بالنسبة للضغط المنخفض [١] و Psig بالنسبة للضغط المرتفع).

$P_{natural\ gas}$ = السعر الحالي للغاز الطبيعي في السوق (٧ دولارات/ألف قدم مكعب).

$V_{natural\ gas}$ = حجم انبعاثات الغاز الطبيعي.

(١) حساب حجم انبعاثات الغاز الطبيعي

فوائض الغاز الطبيعي الناتجة عن استخدام التغليف المركب = انبعاثات الغاز الطبيعي المتجنبة من استبدال الأنبوب.

$V_{natural\ gas}$ = حجم فوائض الغاز الطبيعي من استخدام التغليف المركب لخط الأنابيب في ظل وجود الضغط.

$$V_{natural\ gas} = \frac{٠,٣٧٢ * \frac{L}{١٠٠٠} * P * D^2}{١٠٠٠}$$

$$= \frac{٠,٣٧٢ * \frac{٥٢٨٠٠}{١٠٠٠} * ٣٥٠ * ٢٤^٢}{١٠٠٠}$$

= ٣٦٩٠ ألف قدم مكعب

(٢) حساب قيمة فوائض الغاز الطبيعي

قيمة فوائض الغاز الطبيعي مع التغليف المركب = $P_{natural\ gas} * V_{natural\ gas}$

= ٣٩٦٠ ألف قدم مكعب * ٧ دولارات/ألف قدم مكعب.

= ٢٧٧٢٠ دولار

المصدر: كتيب القواعد التجريبية لخط الأنابيب، الطبعة الخامسة، ٢٠٠٢.

[١] يعتبر ضغط خط الأنابيب الذي يصل إلى ٥٠ رطل لكل بوصة مربعة أو أقل ضغط منخفض.

الدروس المستفادة

كما هو موضح في الرسم التوضيحي (٢)، يمكن أن يتم حساب حجم الغاز الذي يمكن توفيره عن طريق استخدام التغليف المركب بدلاً من استبدال خط الأنابيب من خلال استخدام معادلة بسيطة تأخذ في اعتبارها ضغط خط الأنابيب وطول الجزء المعزول ومنطقة المقطع المستعرض.

الخطوة ٤: قم بحساب تكلفة استبدال خط الأنابيب. قم بحساب تكلفة استبدال خط الأنابيب. يمكن تصنيف التكاليف المرتبطة باستبدال خط الأنابيب إلى ثلاث مجموعات:

- ★ إجراءات التنظيف.
- ★ تكاليف العمال والأجهزة.
- ★ التكاليف الإضافية غير المباشرة ذات الصلة باستبدال خط الأنابيب، مثل تكلفة الإعلانات إذا كانت خدمة الغاز سوف تتوقف، إعادة إضاءة الطرق الإرشادية للعميل، وخدمات الفحص والتصريحات.

بعد استبدال خط الأنابيب، تكون هناك حاجة لتنظيف الجزء الذي تم إصلاحه قبل تشغيله مجددًا ويتطلب ذلك شراء واستخدام الغازات الخاملة مثل النيتروجين. يوضح الرسم التوضيحي ٣ كيفية حساب التكاليف من إجراءات التنظيف عن طريق ضرب حجم غاز التنظيف المطلوب في سعر الغاز.

يوضح الرسم التوضيحي ٤ كيفية حساب تكاليف العمالة والمعدات لمشروع استبدال الأنبوب. بوجه عام، عادة ما تكون التكاليف ذات الصلة باستبدال خط الأنابيب أعلى من تلك المرتبطة بالإصلاح باستخدام التغليف المركب.

الرسم التوضيحي ٣: حساب تكاليف إجراء التنظيف الناتجة عن استبدال خط الأنابيب

المعطيات: افترض كون قطر خط الأنابيب ٢٤ بوصة ويعمل الخط على ٣٥٠ رطل لكل بوصة مربعة مع كون فارق المسافة بين صمامات القفل ١٠ أميال.

D = القطر الداخلي لخط الأنابيب (بالبوصة).

L = طول خط الأنابيب بين صمامات القفل (بالقدم).

Vp = حجم الجزء من خط الأنابيب.

P_{pgas} = سعر السوق الحالي لغاز التنظيف.

V_{pgas} = حجم غاز التنظيف.

(١) حساب حجم انبعاثات الغاز الطبيعي

V_{pgas} = حجم غاز التنظيف (١) المستخدم أثناء إجراء استبدال خط الأنابيب.

= ١,٢ * V_p (خط الاستعادة + ٢٠% ضائع)

$$= ١,٢ * \frac{L * D^2 * P}{٤ * ١٤٤ * ١٠٠٠}$$

$$= ١,٢ * \frac{٣,١٤ * ٢٢٤ * ٥٢٨٠٠}{٥٧٦ * ١٠٠٠}$$

= ١٩٩ ألف قدم مكعب

(٢) حساب تكلفة غاز التنظيف

تكلفة غاز التنظيف = $V_{pgas} * P_{pgas}$

= ١٩٩ ألف قدم مكعب * ٨ دولارات/ألف قدم مكعب

= ١٥٩٢ دولار [١]

[١] يفترض كون الغاز الخامل هو النيتروجين بتكلفة ٨ دولارات/ألف قدم مكعب.

الرسم التوضيحي ٤: حساب تكاليف العمالة والمعدات والتكاليف غير المباشرة لاستبدال خط الأنابيب

المعطيات: اكتشفت إحدى شركات خط الأنابيب عيوبًا تصل إلى ٦ بوصات لا تتعلق بالتسرب على خط أنابيب ذا قطر ٢٤ بوصة يعمل على ٣٥٠ رطل لكل بوصة مربعة. وكانت المسافات بين صمامات القفل ١٠ أميال. وقامت باستبدال ٧٢ بوصة من خط الأنابيب [١].

بافتراض استغراق العمل ٤٠ ساعة [٢] واستخدام مجموعات العمال والأجهزة وأسعار الساعة التالية [٣]. افترض كون تكاليف الإدارة الهندسية والتخطيط ٢٥% من العمالة الميدانية.

سعر الساعة لكل مجموعة من العمال

اللحّام	= ٤٧ دولار/ساعة
المشغل	= ٤٦ دولار/ساعة.
القائم على إنشاء خط الأنابيب	= ٤٢ دولار/ساعة.
الصبي المتمهن	= ٢٨ دولار/ساعة.

تكلفة المعدات

شاحنة الرافعة/ذراع التطويل	= ٤٥ دولار لكل مجموعة.
أجهزة اللحام	= ٢٥ دولار/ساعة
المجرفة الخلفية	= ٤٥ دولار/ساعة.
الأنبوب الفولاذي [٤]	= ٦٢ دولار/قدم مكعب.
الطلاء [٥]	= ٣٧٥ دولار

(١) حساب تكلفة العمال

تكلفة العمالة الميدانية = (٤٧ دولار + ٤٦ دولار + ٤٢ دولار + ٢٨ دولار)/ساعة × ٤٠ ساعة
= ٦,٥٢٠ دولار
تكلفة الإدارة الهندسية = ٠,٢٥ × ٦٥٢٠ دولار = ١٦٣٠ دولار
إجمالي تكلفة العمال، C_{labor} = ٦٥٢٠ دولار + ١٦٣٠ دولار = ٨١٥٠ دولار

(٢) حساب تكلفة المعدات

إجمالي تكلفة المعدات والمواد، C_{equip}
= (٤٥ دولار+ ٢٥ دولار + ٤٥ دولار)/ساعة × ٤٠ ساعة + ٦٢ دولار/قدم × ٦ قدم + ٣٧٥ دولار
= ٥٣٠٣ دولار

(٣) حساب التكلفة غير المباشرة

التكلفة غير المباشرة = تكلفة التصريحات، خدمات الفحص، المصروفات المرتبطة بالحقوق القانونية وحقوق الطريق[٦].
$C_{indirect}$ = (افترض ٤٠% من إجمالي تكلفة المعدات والعمالة).
= ٠,٤ × $(C_{equip} + C_{labor})$
= ٥٣٨١ دولار

(٤) حساب إجمالي تكاليف الإصلاح

التكلفة الإجمالية = $C_{indirect} + C_{equip} + C_{labor}$
= ١٨٨٣٥ دولار

[١] استبدال قطر الأنبوب ثلاث مرات على الأقل. تعتمد هذه المعلومات على المعلومات التي أبلغ عنها الشريك.
[٢] الوقت المطلوب لاستبدال خط الأنابيب منذ الحفر وحتى الدفن. بناءً على المعلومات التي يقدمها الشريك. بافتراض أسبوع عمل (٥ أيام ٨ ساعات/يوم) باستثناء الوقت الإضافي.
[٣] كويك بورتر "المزايا الاقتصادية لإصلاح خط الأنابيب". مؤتمر التشغيل والنقل لجمعية الغاز الجنوبية، نيو أورليانز، إل إيه، يوليو/تموز ٢٠٠١.
[٤] بافتراض ٦٢ دولار/قدم. المعلومات التي أبلغ بها الشريك.
[٥] الأساس: صحيفة النفط والغاز "إقرار التغليف المركب لإصلاحات خطوط الغاز بالولايات المتحدة" ٩ أكتوبر/تشرين أول، ١٩٩٥. كانت التكلفة تعادل ثلاثة أضعاف التكاليف المذكورة لتركيب جلبة بطول ٢ قدم.
[٦] مشتق من بوريمان، ديفيد جيه وآخرين "تكنولوجيات الإصلاح لخطوط أنابيب نقل الغاز". صحيفة خطوط الأنابيب والغاز، مارس/آذار ٢٠٠٠".

الدروس المستفادة

الخطوة ٥: قم بتقييم المزايا الاقتصادية. تعمل المقارنة الموضحة في الرسم التوضيحي (٥) على دراسة تكلفة استبدال جزء من خط الأنابيب التالف وتكلفة إصلاح العيب باستخدام التغليف المركب لاثنين من السيناريوهات. في كلتا الحالتين، كان العيب موجودًا على خط أنابيب قطره ٢٤ بوصة ويشغل ٣٥٠ رطل لكل بوصة مربعة. وكان الاختلاف الوحيد هو طول العيب، ففي الحالة الأولى كان ٦ بوصات وفي الحالة الثانية كان ٢٣٤ بوصة.

تعد أنشطة حفر الموقع وإعادة الدفن من الأنشطة الشائعة في خياري الإصلاح. ومن أجل تبسيط التحليل، يفترض كون تكاليف هذه الأنشطة الشائعة متساوية ويتم استبعادها.

تكون تكاليف العمالة والمواد المتبقية مختلفة بموجب كل خيار من خيارات الإصلاح. يذكر الرسم التوضيحي (٥) التكاليف الرئيسية لكل إصلاح. وتختص شاحنة الرافعة أو ذراع الرفع باستبدال خط الأنابيب ويشتمل عليها التحليل الرئيسي.

بمجرد تمام محاذاة الجزء البديل ولحامه في المكان المحدد، عادة ما يجب الانتظار لمدة ٢٤ ساعة قبل اختباره لضمان أمان اللحامات، يفترض التحليل المذكور في الرسم التوضيحي (٥) كون الاختبار قد تم في الفترة المحددة.

يوضح هذا التحليل أن الإصلاح عن طريق التغليف المركب ينتج عنه فوائض كبرى في الغاز الطبيعي والنيتروجين والعمالة. تعد تكلفة مجموعة أدوات التغليف المركب منخفضة في السيناريو الأول حيث تكون هناك حاجة إلى مجموعة واحدة من أدوات الإصلاح للعيب الذي يبلغ ٦ بوصات، تغطي فوائض الغاز الطبيعي وحدها تكلفة الإصلاح باستبدال التغليف المركب ويكون العائد فوريًا.

الرسم التوضيحي ٥: مقارنة بين المزايا الاقتصادية لاستبدال خط الأنابيب واستخدام التغليف المركب

المعطيات: خط أنابيب قطره ٤ بوصات يعمل على ٣٥٠ رطل[١] لكل بوصة مربعة مع فاصل ١٠ أميال بين صمامات القفل.

	عيب ٦ بوصات		عيب ٢٣٤ بوصة	
	الإصلاح عن طريق التغليف المركب	استبدال خط الأنابيب	الإصلاح عن طريق التغليف المركب	استبدال خط الأنابيب
الغاز الطبيعي المفقود	٠	٣٩٦٠	٠	٣٩٦٠
غاز التنظيف (ألف قدم مكعب)	٠	١٩٩	٠	١٩٩
عدد مجموعات أدوات التغليف المركب	١	٠	٢٠[٢]	٠
تكلف الغاز الطبيعي المفقود [٣]	٠ دولار	٢٧٧٢٠ دولار	٠ دولار	٢٧٧٢٠ دولار
تكلفة غاز التنظيف [٤]	٠ دولار	١٥٩٢ دولار	٠ دولار	١٥٩٢ دولار
العمالة [٥]	٢٣٢٠ دولار	٥٨٥٠ دولار	٤٦٤٠ دولار	٨٧٧٥ دولار
والمعدات والمواد [٦]	١١٤٢ دولار	٣٥٢٠ دولار	٢٢٨٣٣ دولار	٦٩٥٠ دولار
التكاليف غير المباشرة	٢١٨٦ دولار	٣٧٤٨ دولار	١٣٧٣٦ دولار	٦٢٩٠ دولار
إجمالي تكلفة الإصلاح	٥٦٤٨ دولار	٤٢٤٣٠ دولار	٤١٢٠٩ دولار	٥١٣٢٧ دولار
الاختيار الأفضل اقتصاديًا	X		X	

[١] يعادل الضغط المنخفض الذي يتم إجراء التغليف المركب في وجوده.
[٢] بناء على عدد التغليفات المركبة جنبًا إلى جنب مع طرح (٢) بوصة والتي تكون لازمة في كل طرف من الجلبة الأولى والأخيرة من أجل لصق التغليف المركب في الأنبوب الأصلي.
[٣] بافتراض سعر الغاز الطبيعي ٧ دولارات/ألف قدم مكعب
[٤] بافتراض سعر النيتروجين ٨ دولارات/ألف قدم مكعب.
[٥] استبدال خط الأنابيب: افترض ٤٠ ساعة (دون وقت إضافي) لإنجاز مشروع ٦ بوصات و٦٠ ساعة لإنجاز مشروع ٢٣٤ بوصة (دون وقت إضافي. الإصلاح بالتغليف المركب: افترض ١٦ ساعة لإنجاز مشروع ٦٤ بوصة و٣٢ ساعة لإنجاز مشروع ٢٣٤ بوصة. تتضح أسعار العمالة في الرسم التوضيحي (١) (الرسم التوضيحي (٤)). يستثنى من العمالة الخاصة باستبدال خط الأنابيب المشغل حيث أن هناك افتراض مفاده أن دور المشغل الرئيسي قد يرتبط بالحفر وإعادة الدفن. لم يتم إجراء أية تعديلات مشابهة على مجموعات العمالة اللازمة للتغليف المركب.
[٦] باستثناء تكلفة المجرفة الخلفية وجهاز السفع الرملي الموضح في الرسم التوضيحي ١ والرسم التوضيحي ٤ بالنسبة للعيب الذي يصل إلى ٢٣٤ بوصة، افترض خط أنابيب بديل يصل إلى ٣٩ قدم (ضعف طول العيب).

الدروس المستفادة

بالنسبة لحالة العيب البالغ ٢٣٤ بوصة، يمكن إدخال ٢٠ مجموعة أدوات تغليف مركبة معًا وتتزايد تكاليف المعدات بنحو ضعفين على حالة العيب القصير، لكنها تزداد بعامل (٢) في حالة استبدال خط الأنابيب. تعادل فوائض الغاز الطبيعي وتكاليف العمالة في الإصلاح المركب تكاليف المواد المرتفع، يؤدي ذلك إلى وجود مقارنة كبرى بين كلا النوعين من الإصلاحات.

إنه لمن الضروري أن نلاحظ أنه في بعض الظروف، (بعض العيوب الطويلة مثلاً) يكون استبدال خط الأنابيب خيار إصلاح أكثر فعالية من حيث التكلفة، رغم خسائر الغاز. لكن بعض شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي قاموا باختيار التغليف المركب بدلاً عن استبدال خط الأنابيب في هذه الظروف مؤكدين على أن التكلفة ليست هي العامل الوحيد الذي يؤثر على خيار الإصلاح. وكما توضح دراسة الحالة التالية من أحد شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي، فإن الاضطرار للإصلاح وإتاحة الغاز التدعيمي وسرعة الإصلاح تؤثر على القرار النهائي.

تجربة أحد الشركاء مع الإصلاح باستخدام التغليف المركب

أعلن أحد شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي عن إنجاز ما يزيد على ٣٠٠ عملية إصلاح باستخدام التغليف المركب للعيوب التي لا تتعلق بالتسرب على خطوط النقل التي تزيد على ١٠ بوصات منذ عام ١٩٩٥. وفي أحد المواقف، قام الشريك بإصلاح عيب (٢٠) بوصة على إحدى الأنابيب عن طريق وضع جلبتان للتغليف المركب معًا. ولأن الأنبوب التالف كان قريبًا من مجرى القناة ولم يكن يجب فتح خط الأنابيب (كما هو الحال عند استبدال الجزء التالف)، فقد أدى ذلك إلى منع تعرض داخل خط الأنابيب للمياه وإلى تجنب جميع التعقيدات. قام شخصان متدربين بتركيب التغليف المركب وإعادة دفن خط الأنابيب خلال أربع ساعات وتم إنجاز الإصلاح كاملاً من الحفر وحتى إعادة الدفن خلال يومين ولم يتم تعطيل الخط عن الخدمة مطلقًا.

بالنسبة لهذا الشريك، كانت التكلفة دائمًا ما تمثل اعتبارًا ثانويًا في عملية اختيار التغليف المركب بدلاً عن استبدال خط الأنابيب. وتضمنت الاعتبارات الرئيسية:

- ★ هل يمكن إنجاز الإصلاح دون تعطيل الأنابيب عن الخدمة؟ يُعد ذلك مهمًا في المناطق التي لا يوجد لها مصدرًا داعمًا للغاز.
- ★ ما مدى سرعة إنجاز الإصلاح؟ عادة ما تتطلب الإصلاحات عن طريق التغليف المركب يومان، أما استبدال خط الأنابيب فيتطلب من ٥ إلى ٧ أيام.
- ★ هل يمكن إنجاز الإصلاح بأمان؟ دائمًا ما يشعر المشغلون بالخوف أثناء إجراء الإصلاحات مثل التغليف المركب أو الجلبات الفولاذية على خط أنابيب "قيد التشغيل". لا يمثل التغليف المركب أية مخاوف إضافية تتعلق بالأمان مقارنة بتركيب الجلبات الفولاذية.

يمكن أن يعمل التغليف المركب على تقليل معدلات انبعاث غاز الميثان ذات الصلة بإصلاح بعض العيوب المحددة التي لا تتعلق بالتسرب على خطوط الأنابيب مع كون ذلك فعال من حيث التكلفة. يقدم الشركاء الدروس المستفادة التالية:

الدروس المستفادة

- ★ يمكن استخدام الإصلاح عن طريق التغليف المركب للإصلاح الدائم للعيوب التي لا تتعلق بالتسرب في خطوط الأنابيب إضافة إلى الإصلاح المؤقت للعيوب الناتجة عن التآكل الداخلي.
- ★ يؤدي الإصلاح عن طريق التغليف المركب إلى تخفيض معدلات انبعاث غاز الميثان حيث تؤدي إلى تقليل الحاجة إلى توقف خط الأنابيب التالف وإلى تصريف الغاز الطبيعي إلى الجو قبل الإصلاح.
- ★ قد تكون فوائض الغاز الطبيعي كافية لتغطية تكاليف الإصلاح بالتغليف المركب وينتج عن ذلك الإصلاح عائد فوري.
- ★ يمكن أن يكون التغليف المركب خيارًا مثاليًا للعيوب التي تتعلق بالتسرب عند كون الإصلاح ضروري مع وجوب إنجازه بشكل سريع وعند عدم توافر غاز الدعم.
- ★ أثناء الإصلاح، يمكن أن يعمل خط الأنابيب بشكل معتاد على ضغوط نصف الضغط التام على الأقل ويجنب ذلك تعطل الخدمة وخسائر العوائد كما يجنب تكاليف الغاز الذي يتم تصريفه.
- ★ يسهل الوزن الخفيف للتغليف المركب خيار التركيب هذا بشكل نسبي. يمكن أن يقوم فنيان لا يتمتعان بمهارة عالية بإنجاز عملية الإصلاح خلال ساعات قلائل دون الحاجة إلى أجهزة للحام أو القطع أو أجهزة معالجة خاصة.
- ★ يعمل التعليق المركب على تقليل التأخيرات المُكلفة التي تتعلق بوضع المواصفات للجلبات المعدنية أو أجزاء الأنابيب وشراءها لإصلاح خط الأنابيب.
- ★ يعمل التغليف المركب على استعادة قدرات الضغط الأصلية للأنبوب كما يعمل على تحسين مقاومته للتدهور الهيكلي الزائد.

الدروس المستفادة

- ★ توضع اختبارات الأجزاء التي يتم إصلاحها باستخدام التغليف المركب حماية كاثودية مستمرة.
- ★ تقوم الكثير من الشركات الآن بتقديم أنظمة التغليف المركب كل بمزاياها الخاصة ولذلك فمن الضروري التسوق للاختيار من بينها.
- ★ قم بتسجيل معدلات الانخفاض في انبعاث غاز الميثان التي تم تحقيقها من خلال هذه الطريقة وقم بذكر تلك التخفيضات في تقارير برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي إذا كانت سياسة شركتك السابقة هي استبدال الأجزاء التالفة من خط الأنابيب.

المراجع

شركة أرمور بليت www.armorplateonline.com

الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين B31G، *كتيب تحديد القوة المتبقية لخطوط الأنابيب المتآكلة: تكميلي لكود B31 نقل الضغط* ١٩٩١

بوريمان جيه ديفيد وآخرون "*إصلاح تكنولوجيات خطوط أنابيب نقل الغاز*، *صحيفة خطوط الأنابيب والغاز*، مارس/آذار ٢٠٠٠.

الاتصال الشخصي: شركة كولومبيا لنقل الغاز وشركة كولومبيا جالف للنقل.

شراكة هيئة الحماية البيئية، *تقارير كولومبيا للطاقة: التخفيضات الكبرى في انبعاثات الميثان*، نوفمبر/تشرين ثان ٢٠٠٠

الاتصال الشخصي: فورد إم إل، وزارة المواصلات الأمريكية.

معهد أبحاث الغاز، *ملخص صلاحية كلوك سبرينج للإصلاح الدائم لعيوب تآكل خط انابيب*، GRI-98/٠٢٢٧،

الاتصال الشخصي: ليويس، الدكتور كيت، معهد تكنولوجيا الغاز.

مكاسيتز، إي دابليو، *كتب القواعد التجريبية لخطوط الأنابيب*، الطبعة الخامسة ٢٠٠٢.

موهيتبور، إم وآخرون، *إعادة تأهيل خط الأنابيب استجابة للضغوط التنظيمية، التطورات التكنولوجية*، صحيفة النفط والغاز، ٢٠ يناير/كانون أول ٢٠٠٣.

صحيفة النفط والغاز، *اعتماد التغليف المركب لإصلاحات خطوط أنابيب الغاز الأمريكية*، ٩ أكتوبر/تشرين أول ١٩٩٥.

كويك بورتر ، *المزايا الاقتصادية لإصلاح خط الأنابيب*. مؤتمر تشغيل النقل لجمعية الغاز الجنوبية، نيو أورليانز لويزيانا، يوليو/تموز ٢٠٠١.

شركة كلوك سبرينج إل بي www.clockspring.com

شركة سترونج باك www.strongbackcorp.com

الاتصال الشخصي، كيفين، برنامج ستار STAR للغاز الطبيعي الأمريكي.

هيئة الحماية البيئية الأمريكية. *الدروس المستفادة: استخدام تكنولوجيا الضخ الزائد لتخفيض ضغط خط الغاز قبل إجراء الصيانة* (EPA430-B00-007، ديسمبر/كانون ثان ٢٠٠٧).

شركة راب ماستر www.wrapm.com

الملحق

منتجات التغليف المركب لخط الأنابيب من شركة كلوك سبرينج	
حجم خط الأنابيب	تكلفة مجموعة أدوات التغليف المركب (٢٠٠١)
٤ بوصات	٤٣٢ دولار
٦ بوصات	٤٠٢ دولار
٨ بوصات	٤٦٦ دولار
١٠ بوصات	٥٠٨ دولار
١٢ بوصة	٥٤٩ دولار
١٤ بوصة	٥٩٩ دولار
١٦ بوصة	٦٤٩ دولار
١٨ بوصة	٧١٧ دولار
٢٠ بوصة	٧٩٤ دولار
٢٢ بوصة	٨٥٩ دولار
٢٤ بوصة	٨٧٨ دولار
٢٦ بوصة	٩٢٤ دولار
٢٨ بوصة	٩٦٩ دولار
٣٠ بوصة	٩٩٨ دولار
٣٢ بوصة	١٠٥١ دولار
٣٦ بوصة	١١٢٩ دولار
٤٠ بوصة	١٣٣١ دولار
٤٢ بوصة	١٣٨٦ دولار
٤٤ بوصة	١٤٨٨ دولار
٤٨ بوصة	١٦٦٨ دولار
٥٦ بوصة	١٩٥١ دولار

محتويات مجموعة أدوات التغليف المركب
• جلبة التغليف المركب (عرض ١٢ بوصة × سمك ١/٢ بوصة عند التركيب). • المادة اللاصقة. • مرشح تحويل الحمل. • مطباق اسطواني. • حشية بدء لاصقة ذات جانبين. • كتل المحاذاة. • فرش التطبيق، بطانات صينية الطلاء، مضرب المزج، الخلاط السريع، أكياس النفايات. • حامل تركيب خياري تم تصميمه بشكل خاص.
المصدر: شركة كلوك سبرينج إل بي. تعد ماركة كلوك سبرينج ماركة مسجلة لصالح شركة صناعات إن سي إف. جميع الحقوق محفوظة. تم التصنيع بموجب ترخيص من شركة صناعات إن سي إف. رمز كلوك سبرينج هو علامة تجارية تخص شركة كلوك سبرينج إل بي.

التكاليف المتنوعة في مرة الإصلاح الواحدة بالنسبة للمعدات (غير مذكورة في تكلفة مجموعة الأدوات)	
قضيب الإحكام القياسي وطوق إتش دي	١٥٠ دولار
قضيب وطوق الإحكام	٢٢٥ دولار
قضيب الإحكام	٢٥ دولار
خط الموصلات للفائف	٣٥٠ دولار
الأساس المغناطيسي/دابليو لقياس الحرارة	٣٢٥٠ دولار
مقياس شور "أ" للصلابة	٣٥٠ دولار
قضيب وطوق الإحكام التام	١٥٠ دولار
التدريب- باستثناء مصروفات السفر	٧٥٠ دولار

الدروس المستفادة

1EPA
United States
Environmental Protection Agency
Air and Radiation (6202J)
1200 Pennsylvania Ave., NW
Washington, DC 20460

EPA xxx
xxx 2006

1EPA
الولايات المتحدة
وكالة الحماية البيئية
الهواء والإشعاع (٦٢٠٢ جيه)
١٢٠٠ طريق بنسلفانيا، إن دبليو
واشنطون، دي سي ٢٠٤٦٠

EPA xxx
٢٠٠٦ xxx