USING HOT TAPS FOR IN SERVICE PIPELINE CONNECTIONS

استخدام الوصلات الساخنة (hot taps) لتوصيلات خط الأنابيب داخل الخدمة

ملخص تنفيذي

تحتاج شركات نقل وتوزيع الغاز إلى إجراء توصيلات جديدة لخطوط الأنابيب لعدة مرات أثناء العام وذلك من أجل توسيع نظامها الحالي أو تعديله. وعلى مدار التاريخ كان ذلك يتطلب وقف جزء من النظام وتصريف الغاز إلى الجو من أجل ضمان التوصيل الآمن. وكان هذا النظام،الذي كان يُشار إليه بالتوصيل مع وقف الخدمة، يؤدي إلى انبعاثات الميثان وخسارة المنتج والمبيعات ومن ثم عدم إراحة العميل إضافة إلى التكاليف ذات الصلة بإخلاء نظام الأنابيب الحالي.

تُعد عملية التوصيل الساخن (قطع ووصل الأنابيب دون وقفها عن العمل) (Hot Tapping) إجراءً بديلاً يتم من خلاله توصيل خط الأنابيب مع عدم توقف الخدمة ومع تدفق الغاز الطبيعي المضغوط. يتضمن إجراء الوصلات الساخنة ربط وصلة فرعية وصمامًا فرعي خارج خط الأنابيب العامل ثم يتم قطع جدار خط الأنابيب في الفرع وإزالة الجزء من الجدار خلال الصمام. تتجنب هذه العملية خسائر المنتجات وانبعاثات الميثان ووقف خدمة العملاء.

وبينما لا يُعد التوصيل الساخن ممارسة جديدة، فقد عملت التحسينات الأخيرة في التصميم على تقليل التعقيدات والريبة التي من الممكن أن يكون المشغلون قد واجهوها في الماضي. وقد أوضح العديد من شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي لنقل وتوزيع الغاز باستخدام إجراء الوصلات الساخنة أنه عادة ما يتم القيام بأعمال صغيرة يوميًا مع القيام بإجراء التوصيلات الكبرى مرتين أو ثلاث مرات سنويًا (الأكبر من ١٢ بوصة).

حقق شركاء شركة ستار (STAR) للغاز الطبيعي تخفيضات في معدلات انبعاث غاز الميثان من خلال استخدام الوصلات الساخنة إضافة إلى زيادة في العوائد. تعد فوائض الغاز كافية بوجه عام لتبرير جميع التوصيلات الجديدة للخطوط العاملة باستخدام هذه الطريقة. غالبًا ما يكون العائد من استخدام الوصلات الساخنة فوري.

طرق تقليل انبعاثات غاز الميثان	حجم الغاز الطبيعي الذي يتم توفيره (ألف قدم مكعب/عام)	قيمة فوائض الغاز الطبيعي (دولار/عام)	تكاليف التطبيق (الدولار)	تكلفة أخرى (دولار/عام)[٤]	العوائد (الشهور)
الوصلة الساخنة[١]	٢٤٤٠٠	١٧١٠٨٠ دولار[٢]	٤٧٤٠ دولار[٣]	٦٢٢٢٢	٥

[١] تعتمد الفوائض والتكاليف السنوية على متوسط ٣٢٠ وصلة ساخنة في العام (ذات أحجام مختلفة).
[٢] بافتراض سعر الغاز الطبيعي ٧ دولارات/ألف قدم مكعب.
[٣] تتعلق الفوائض الأخرى الموضحة بالغاز الخامل.
[٤] تتضمن التكاليف الأخرى تكاليف التشغيل والصيانة وتكاليف الخدمة التعاقدية.

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

الدروس المستفادة

الخلفية الفنية

في أنظمة نقل وتوزيع الغاز الطبيعي، غالبًا، يكون من الضروري تحويل أو توسيع خطوط الأنابيب الحالية أو تركيب الصمامات الجديدة أو إصلاح الصمامات القديمة أو تركيب الوصلات الجانبية الجديدة أو إجراء الصيانة أو الوصول إلى الخطوط خلال حالات الطوارئ. وعلى مدار التاريخ، كان من بين الممارسات الشائعة إغلاق ذلك الجزء من النظام أثناء التغيير، وتصريف الغاز الكائن في الجزء المنعزل وتنظيف خط الأنابيب بالغاز الخامل لضمان التوصيل الآمن

يختلف الإجراء الخاص بالتوصيل مع وقف الخدمة قليلاً بناء على ضغط النظام. في الأنظمة ذات الضغط المرتفع، يتم إغلاق الصمامات المحيطة من أجل عزل ذلك الجزء من خط الأنابيب ويتم وضع سدادات إضافية (سدادات مدرجة) إلى جانب الصمامات من أجل منع تسرب الغاز الطبيعي وتحسين ظروف الأمان في الموقع الذي يتم التوصيل فيه. وفي النظام ذا الضغط المنخفض، عادة ما يكون طول خط الأنابيب الذي يتم وقفه عن العمل أكثر قصرًا. وبدلاً عن إغلاق الصمامات، يتم استخدام السدادات لعزل ذلك الجزء من خط الأنابيب بشكل مباشر حول منطقة التوصيل. وفي كلتا الحالتين، يتم تصريف الغاز في خط الأنابيب المعزول ويتم تنظيف الخط.

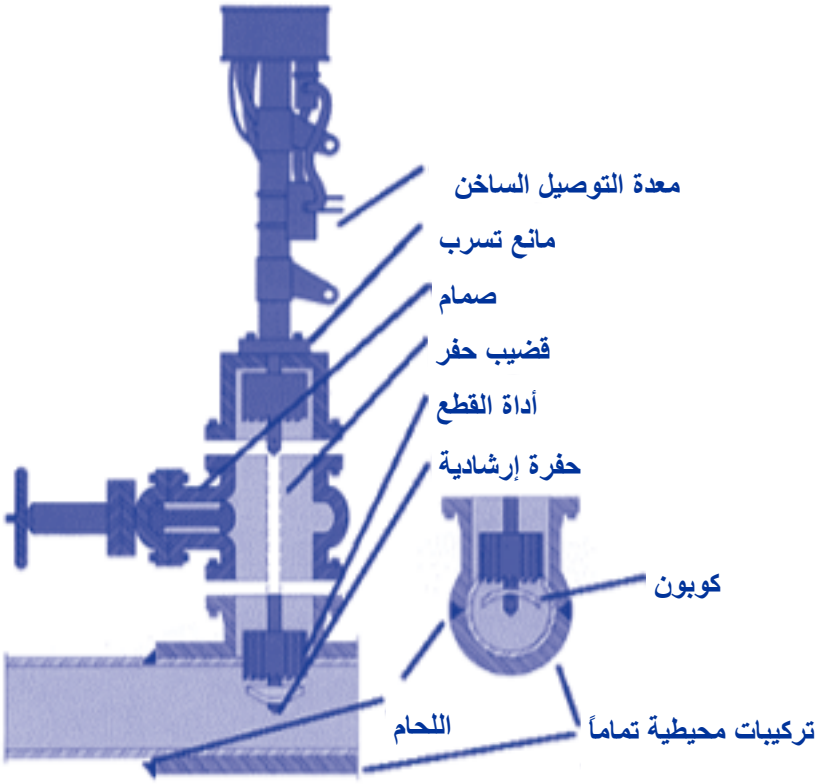
هناك تأثيرات اقتصادية وبيئية ترتبط بأداء التوصيل مع وقف الخدمة، حيث يمثل الغاز الذي يتم تصريفه من خط الأنابيب خسائر في المنتج وزيادة في معدلات انبعاث غاز الميثان. وإضافة إلى ذلك فإن وقف جزء من خط الأنابيب عن الخدمة يمكن أن يؤدي إلى تعطيل خدمة الغاز للعملاء. على سبيل المثال، يمكن أن يحتاج التوصيل مع وقف الخدمة على خط فولاذي إلى قطع الخدمة من يوم إلى ثلاثة أيام أو ما يزيد إضافة إلى احتمالية وقف شحن الغاز الطبيعي وتصريف الميثان إلى الغلاف الجوي.

يُعد التوصيل الساخن تقنية بديلة تسمح بالتوصيل دون تعطيل النظام دون تصريف الغاز إلى الغلاف الجوي. تتم الإشارة إلى التوصيل الساخن أيضًا بتوصيل الخط والتوصيل في وجود الضغط، وقطع الضغط، والقطع الجانبي. تتضمن هذه العملية ربط وصلات فرعية وتجويفات فاصلة في خط الأنابيب العامل دون وقف تدفق الغاز ودون تصريف أو خسائر في المنتج. تسمح الوصلات الساخنة بأربطة داخلية جديدة للأنظمة الحالية إضافة إلى إدراج الأجهزة في مجرى التدفق كما تسمح بالمجاري الجانبية الدائمة أو المؤقتة وتعد بمثابة مرحلة إعداد لسد الأنابيب بسدادات بالونية مؤقتة قابلة للنفخ (Stoppels).

تكون معدات التوصيل الساخنة متاحة تقريبًا لجميع أحجام خطوط الأنابيب وجميع مواد الأنابيب وتصنيفات الضغط الموجودة في أنظمة النقل والتوزيع. تتضمن المعدات الرئيسية لتطبيق الوصلة الساخنة معدة حفر وتركيبات فرعية وصمام. فيما يلي وصف لمعدات التوصيل الساخن ويتم توضيحها في الرسم التوضيحي (١):

- **مُعدة الحفر.** تتكون معدة الحفر بوجه عام من قضيب حفر متداخل ليتحكم في أداة القطع. يتم استخدام أداة القطع لحفر حفرة إرشادية داخل خط الأنابيب من أجل وضع منشار الحفرة في وضع مركزي لقطع الجزء الكوبوني أو المنحني من جدار خط الأنابيب.
- **التركيبات.** يتم التوصيل للأنبوب الحالي عن طريق التركيبات التي يمكن أن تكون وصلة بسيطة ملحومة بوصلة صغيرة (بوصة واحدة مثلا) لخط أنابيب أكبر وجلبة منشقة على شكل حرف "تي" محاطة تمامًا لمزيد من الدعم عندما يكون خط الأنابيب الفرعي في نفس حجم الخط الأصلي. تلتف الحلبة المصممة على شكل حرف "تي" تمامًا حول خط الأنابيب وعند لحامها، فإنها توفر دعمًا ميكانيكيًا للأنبوب الفرعي والأنبوب الحامل.
- **الصمام.** يكون الصمام على الوصلة الساخنة صمام قفل أو صمام تحكم للوصلة الجديدة ويجب أن يسمح بإزالة الكوبون (جزء من جدار خط الأنابيب تقطعه معدة الحفر) بعد عملية القطع. تشتمل الصمامات المناسبة على صمام كروي أو بوابي وليس صمام السد أو صمام الفراشة (butterfly valve).

الرسم التوضيحي١: مخطط لمعدة التوصيل الساخن مع نبذة مختصرة



المصدر: IPSCO

الدروس المستفادة

يقدم الرسم التوضيحي ٢ مخططًا لإجراء التوصيل الساخن. وتعد الخطوات الرئيسية لإجراء التوصيل الساخن هي:

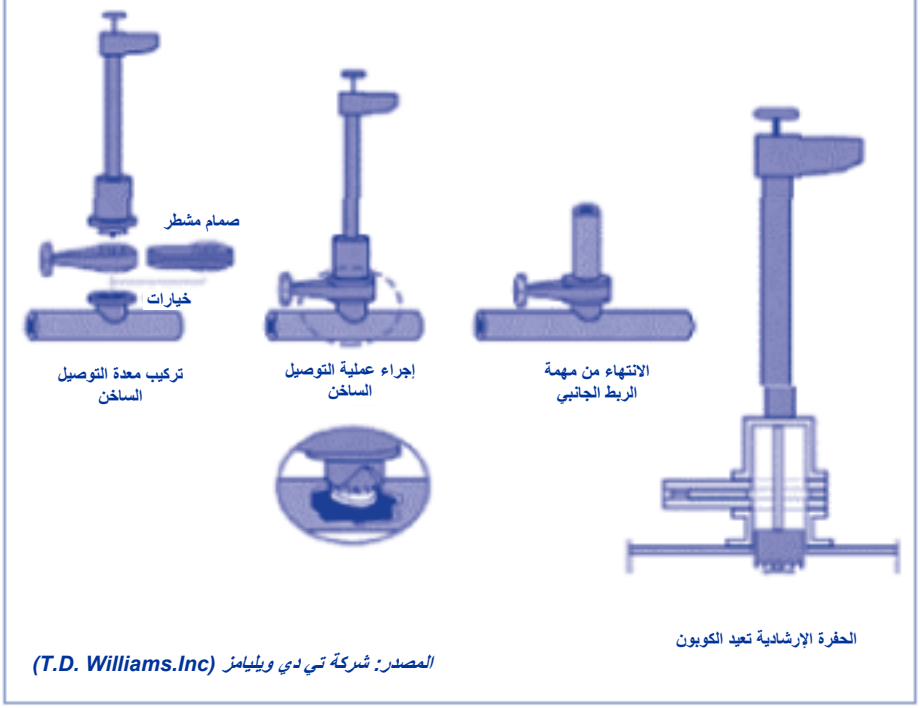
١. قم بوصل التركيبات على خط الأنابيب الحالي عن طريق لحام (الفولاذ) أو تثبيت (حديد الزهر) أو ربط (البلاستيك) وتركيب الصمام.

٢. قم بتركيب معدة التوصيل الساخن عبر الصمام الدائم.

٣. قم بإجراء التوصيل الساخن عن طريق قطع الكوبون من خط الأنابيب عبر الصمام المفتوح. تحتفظ أداة خاصة بالكوبون لإزالته بعد تشغيل الوصلة الساخنة. يتم سحب الكوبون من خلال الصمام ثم يتم إغلاق الصمام.

٤. قم بإزالة معدة الوصل وإضافة خط الأنابيب الفرعي. قم بتنظيف الأوكسجين وفتح الصمام ويتم تشغيل الوصلة الجديدة.

الرسم التوضيحي ٢ : مخطط إجراء التوصيل الساخن



المصدر: شركة تي دي ويليامز (T.D. Williams.Inc)

يمكن أن تكون الوصلات الساخنة عمودية أو أفقية أو على أي زاوية حول الأنبوب طالما كانت هناك مساحة كافية لتركيب الصمام والتركيبات وآلة التوصيل. تسمح التكنولوجيا الحالية بعمل الوصلات على جميع أنواع خطوط الأنابيب وفي ظل جميع الضغوط والأبعاد والتركيبات وحتى الأنابيب القديمة، فإنه يتم دمجها مع الأنابيب الجديدة. هناك أيضًا معدات توصيل خفيفة الوزن تسمح بإجراء التوصيل الساخن من قبل مشغل واحد دون حاجة إلى قفل أو تدعيم إضافي.

تتوفر الكتيبات الخاصة بالأمان والمخططات الإجرائية الخاصة باللحام على الأنابيب العاملة بجميع الأحجام ومعدلات التدفق والمواقع من معهد البترول الأمريكي والجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين والمنظمات الأخرى. تقدم هذه الكتيبات المعلومات الخاصة بما يجب اعتباره أثناء اللحام بما في ذلك منع الحرق والتدفق في الخطوط وكثافة المعدن والتركيبات والمعالجة الحرارية لما بعد اللحام ودرجة حرارة المعدن والوصلة الساخنة وتصميم اللحام ومحتويات الأنابيب والمُعدات.

تعد الكتيبات والبيانات المصورة والمعدات التي يوفرها الباعة أيضًا من المصادر الجيدة لتحديد أكثر أحجام وأنواع الجهات ملائمة. لقد نشر العديد من الباعة مخططات وإرشادات شاملة لتنفيذ إجراءات التوصيل الساخن، بما في ذلك المعلومات الخاصة بالتوصيل على مختلف المواد وتقييم وإعداد موقع العمل واختيار تثبيت التركيبات والمعدات الأخرى إضافة إلى احتياطات الأمان، والشيء الأكثر أهمية ولأن ذلك الإجراء يعد خطرًا، هو أنه يجب تقييم كل وصلة ساخنة على أساس كل حالة على حدة ويجب إعداد إجراء كتابي أو مراجعته قبل بدء كل عمل من أجل ضمان اتخاذ جميع الخطوات بالشكل المناسب والآمن.

المزايا الاقتصادية والبيئية

تتضمن المزايا الاقتصادية والبيئية لاستخدام إجراءات التوصيل الساخن بدلاً عن التوصيلات التي تقتضي وقف الخدمة:

- ★ التشغيل المستمر للنظام- يتم تجنب توقف وتعطيل الخدمة.
- ★ عدم خروج الغاز إلى الجو.
- ★ تجنب قطع وإعادة محاذاة وإعادة لحام الأجزاء الخاصة بخط الأنابيب.
- ★ خفض التكاليف ذات الصلة بالتخطيط والتنسيق- الاجتماعات والجداول والأعمال الورقية والإنتاج المفقود والقوة العاملة المباشرة.
- ★ زيادة أمان العمال.
- ★ تقليل الالتزامات فيما يتعلق بإخطار العملاء بوقف خدمة الغاز.

ومن خلال ضمان اتباع أفضل الممارسات عند إجراء التوصيل الساخن، يتم تقليل الوقت المطلوب للإجراء إضافة إلى احتمالية الفشل.

الدروس المستفادة

عملية اتخاذ القرار

يمكن للمشغلين تقدير المزايا الاقتصادية لإجراء التوصيل الساخن كبديل عن التوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة من خلال اتباع الخطوات الخمس التالية:

خمس خطوات لتقدير المزايا الاقتصادية للوصلة الساخنة:

١. قم بتحديد الظروف الفعلية للخط الحالي.
٢. قم بحساب تكلفة إجراء التوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة.
٣. قم بحساب تكلفة إجراء التوصيل الساخن.
٤. قم بتقييم مزايا فوائض الغاز الناتجة عن التوصيل الساخن.
٥. قم بمقارنة الخيارات وتحديد المزايا الاقتصادية للتوصيل الساخن.

الخطوة (١): قم بتحديد الظروف الفعلية للخط الحالي. عند الإعداد لمشروع التوصيل الساخن، سيحتاج المشغلون إلى تحديد الحد الأقصى من الضغط التشغيلي (خلال التوصيل الساخن) ونوع مادة الأنبوب (فولاذ، حديد زهر، بلاستيك) وحالة خط الأنابيب الأصلي (تآكل داخلي/خارجي، سمك الجدار) وذلك من أجل ضمان أمان المشروع. يمكن إجراء التوصيل الساخن على خط الأنابيب عندما تكون حالة خط الأنابيب الأصلي جيدة. تتضمن الظروف الأخرى الخاصة بالتقييم تحديد مكان الصمامات القريبة للعزل الطارئ لها في حالة الحوادث، بالإضافة إلى تحديد قطر الوصلة المطلوب والفراغ الكائن حول الوصلة ومكان لحامات خط الأنابيب الأخرى، والخلل أو العقبات. يجب أن يقوم المشغلون أيضًا بتحديد ما إذا كان الخط "معقدًا بحلقات" أم لا حيث تتجنب الكثير من شركات النقل التعطيلات التشغيلية عن طريق تحويل الحمل إلى خط موازٍ. من الأفضل أن يتم وضع واتباع خطة مكتوبة لضمان التقييم التام والملائم للوصلة المستقبلية.

الخطوة (٢): قم بحساب تكلفة إجراء التوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة. يمكن أن تتضمن تكلفة المشروع الفعلي التكاليف المباشرة مثل تكاليف المواد والمعدات ومتطلبات اللحام وضبط الجودة وتكاليف قياس الضغط والتنظيف ومصروفات العمالة وتحديد المواعيد. وقد تتضمن المصروفات الإضافية غير المباشرة أو التكاليف "الكامنة" تكلفة صمامات القفل أو الإخطارات عندما يكون هناك وقف للخدمة وتكاليف إعادة إضاءة خدمة العملاء وتكاليف استخراج السدادات وتنظيف الوصلات. يمكن إخطار المشغلون بالرجوع إلى البيانات التاريخية لتحديد تلك التكاليف.

لأغراض هذا التحليل الذي يتعلق بتحديد النطاق، يفترض كون تكاليف المواد والعمالة اللازمة لقطع جزء من خط الأنابيب واللحام في وصلة على شكل حرف "تي" في الطريقة التي تتطلب وقف الخدمة قابلة للمقارنة مع تكاليف اللحام على التركيبات وإجراء التوصيل الساخن وذلك عندما يكون حجم الوصلة الفرعية هو نفس حجم خط الأنابيب. لكن تكاليف الغاز المفقود خلال التصريف وتكاليف الغاز الخامل اللازم للتنظيف تتعلق بالتوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة فقط.

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 المعدات: 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 يتم ضرب الناتج في التكاليف الملائمة المذكورة في الدروس المستفادة.

تتضح المعادلة المستخدمة لتحديد تكلفة التوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة في الرسم التوضيحي (٣). بالنسبة لهذه الحسابات، يتم تحديد الضغط المنخفض بأقل من (٢) رطل لكل بوصة مربعة.

ولأغراض المقارنة، يجب أن يضع حساب تكلفة التوصيل الذي يتطلب وقت الخدمة في الاعتبار سيناريو المشروع المتعدد. يسمح هذا المنظور الخاص بالمشروع المتعدد لتحليل التكلفة المقارن الأكثر تمامًا بتقديم التكاليف المالية المقدمة لامتلاك وتشغيل معدة التوصيل الساخن والحاجة إلى العديد من التوصيلات على مدار عام بعينه. يوضح الرسم التوضيحي (٤) كيفية تطبيق حسابات التكلفة المقدمة في الرسم التوضيحي (٣) في سيناريو توصيل متعدد. يشتمل الموقف الافتراضي المقدم على مشروعات متعددة على خطوط أنابيب ذات أحجام وإجراءات متنوعة. لكن حسابات التكلفة المقدمة تتعلق فقط بسيناريو خط الأنابيب الذي يصل قطره إلى ٤ بوصات كما تغطي التكاليف المباشرة فقط.

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:

D = قطر خط الأنابيب (بالبوصة).

T = قطر تجويف الوصلة (بالبوصة) بالنسبة لوقف الخدمة في ظل الضغط المنخفض مع تجويف وصلة للسدادات.

L = طول خط الأنابيب بين تجويفات الوصلة (قدم) لوقف الخدمة في ظل الضغط المرتفع.

P = ضغط الخط Psia)للضغط المنخفض و Psigللضغط المرتفع).

P_{pgas} = سعر السوق الحالي لغاز التنظيف (دولار/ألف قدم مكعب) مفترض كونه ٨ دولارات/ألف قدم مكعب).

P_g = سعر السوق الحالي للغاز (دولار/ألف قدم مكعب) مفترض كونه ٧ دولارات/ألف قدم مكعب.

C_e = تكلفة الحفر الإضافي، استخدم سجلات الشركة (دولار).

C_p = تكلفة وصلات التنظيف والحفر.

C_s = تكلفة نفقات التعطيل الكامنة، انظر الملحق (بالدولار).

C_f = تكلفة التركيبات، انظر الملحق (دولار).

وقت فتح تجويف الوصلة = من التجربة السابقة (دقائق).

١. حساب A = مساحة خط الأنابيب (قدم مربع)= $\frac{D^2 * ٣,١٤}{١٤٤ * ٤}$ $\left[\frac{ft^2}{in^2}\right]$ $\frac{D^2}{١٨٣}$ =

٢. حسب V_p = حجم خط الأنابيب (ألف قدم مكعب) = $\frac{L * A}{١٠٠٠}$ $\left[\frac{MCF}{ft^3}\right]$

٣. حساب V_{pgas} = حجم غاز التنظيف = ٢,٢ × V_p (التعطيل + الاستعادة + ٢٠% غاز ضائع)

٤. حساب C_{pgas} = تكلفة غاز النيتروجين الخاص بالتنظيف = $P_{pgas} \times V_{pgas}$

٥. حساب V_g = حجم الغاز المفقود في الأنظمة ذات الضغط المرتفع: V_g (ألف قدم مكعب)= $\frac{٠,٣٧٢ * \left[\frac{L}{١٠٠٠}\right] * P * D^2}{١٠٠٠}$

V_g = حجم الغاز المفقود في أنظمة الضغط المنخفض:

V_g(ألف قدم مكعب) = $\frac{T2 \times P \times \text{عدد تجويفات الوصلة} \times \text{وقت فتح التجويف (ساعة/دقيقة)}}{٦٠}$ $\left[\frac{\text{ساعة}}{\text{دقيقة}}\right]$

٦. حساب C_g = تكلفة الغاز المفقود (دولار) = $P_g \times V_g$

حساب التكاليف الغير المباشرة

١. حساب C_e = تكلفة الحفر الإضافي للروابط الداخلية (دولار).

٢. حساب C_p = تكلفة وصلات التنظيف (دولار).

٣. حساب C_s = تكلفة نفقات التعطيل الكامنة (دولار).

٤. حساب C_f = تكلفة التركيبات (دولار).

٥. حساب C_i = التكاليف غير المباشرة (دولار) = $C_f + C_s + C_p + C_e$

حساب إجمالي التكاليف

حساب C_{total} = إجمالي التكلفة (دولار) = $C_i + C_{pgas} + C_g$.

المصدر: القواعد التجريبية لخطوط الأنابيب صفحة ٢٧٠ وصفحة ٢٧٨.

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

المعطيات:

تحتاج إحدى شركات خطوط الأنابيب إلى العديد من التوصيلات التي تتطلب أولا تتطلب وقف الخدمة كما يلي

أقطار خط الأنابيب (بوصة)	٤	٨	١٠	١٨
ضغوط خط الأنابيب (رطل لكل بوصة مربعة)	٣٥٠	١٠٠	١,٠٠٠	٢٠٠
أطوال خط الأنابيب[١] (ميل)[٢]	٢	١	٣	٢
الوصلات السنوية[٣]، العدد	٢٥٠	٣٠	٢٥	١٥

(١) حساب V_g = حجم الغاز الطبيعي المفقود

$$V_g \text{ (ألف قدم مكعب)} = \frac{\left[٠,٣٧٢ * \left[\frac{L}{١٠٠٠}\right] * P * D^2\right]}{١٠٠٠}$$

$$V_g = \frac{\left[٠,٣٧٢ * \left[\frac{٥٢٨٠٠ * ٢}{١٠٠٠}\right] * ٣٥٠ * ٤^٢\right]}{١٠٠٠}$$

V_g = ٢٢ ألف قدم مكعب

(٢) حساب V_{pgas} = حجم غاز التنظيف [٤]

$$V_{pgas} \text{ (ألف قدم مكعب)} = ٢,٢ * \frac{\left[\frac{L * D^2}{١٨٣}\right]}{١٠٠٠}$$

$$V_{pgas} = ٢,٢ * \frac{\left[\frac{٥٢٨٠ * ٢ * ٤^٢}{١٨٣}\right]}{١٠٠٠}$$

V_{pgas} = ٢ ألف قدم مكعب

(٣) الحساب: قيمة الغاز المفقود نتيجة للتوصيلات التي تتطلب تعطيل الخدمة (بما في ذلك غاز التنظيف)

التكلفة = $Ppgas * Vpgas + Pg * Vg = Cpgas + Cg$

التكلفة = ٢٢ ألف قدم مكعب × ٧ دولارات/ألف قدم مكعب + (٢ ألف قدم مكعب × ٨ دولار/ألف قدم مكعب).

التكلفة = ١٧٠ دولار لكل توصيلة من توصيلات خط الأنابيب الذي يبلغ قطره ٤ بوصات والتي تتطلب وقف الخدمة.

[١] طول الفصل بين صمامات السد أو السدادات.

[٢] تتطلب المعادلة الطول بالقدم ١٠ أميال = ٥,٢٨٠ قدم.

[٣] يعتمد السيناريو على المعلومات التي يقدمها الشريك والباعة.

[٤] يفترض كون الغاز الخامل هو النيتروجين.

الدروس المستفادة

ومرة أخرى سوف يحتاج أفراد التشغيل إلى الرجوع إلى سجلات الشركة من أجل تحديد الإجراءات والعوامل الدقيقة التي يمكن استخدامها عند إجراء التوصيلات التي تتطلب وقف الخدمة. تعد الإجراءات سالفة الذكر إرشادات عامة للتقييم الاقتصادي الأولي ويمكن أن تختلف من شركة لأخرى. تشتمل العوامل الإضافية التي تختلف من شركة لأخرى على تسرب صمامات خطوط الأنابيب الماضي على كلا الجانبين من الوصلة التي تتطلب وقف الخدمة وعدد السدادات وتجويفات الوصلة الخاصة بتصريف الغاز والتنظيف ونوع غاز التنظيف. يعد التسرب مهمًا على وجه التحديد حيث يمكن أن تؤدي صمامات السد في خط الأنابيب إلى تسرب كميات كبرى من الغاز حيث إنها تستخدم على فترات متباعدة ويمكن أن تجمع قاعدة الصمام الحطام الذي تعوق منع التسرب المحكم. يكون حجم التسرب متنوعًا بشكل كبير بناءً على نوع الصمام وعمره وضغط خط الأنابيب والخدمة (يؤدي الغاز الجاف إلى تقليل حجم التآكل وتراكم الحطام أكثر من الغاز الرطب). إذا نتج عن التقييم الفردي الذي يقوم به الشريك بناء على هذا الدرس المستفاد تبرير اقتصادي هامشي، فيجب اعتبار تجربة الشركة فيما يتعلق بتسرب الصمام من أجل تحسين المزايا الاقتصادية.

الخطوة (٣) قم بحساب تكلفة إجراء التوصيل الساخن. عند مقارنة التكاليف المقدمة للتوصيل الساخن مع تكاليف الوصلات التي تتطلب وقف الخدمة، يكون الفارق الوحيد المهم هو تكلفة معدات التوصيل الساخن. تكون تكلفة التركيبات المصممة على شكل حرف "تي" والجلبة كاملة الإحاطة وتكلفة الصمام واحدة تقريبًا لكلا الطريقتين عندما يكون الأنبوب الفرعي بنفس حجم خط الأنابيب الأصلي (تتضح المعلومات الخاصة بأنواع وتكاليف التركيبات في الملحق). تعد تكلفة لحام الجلبة ذات الإحاطة التامة هي نفس تكلفة لحام التركيبات المصممة على شكل حرف "تي" في الخط تقريبًا. تعد تكلفة العمالة الخاصة بالقطع البارد لخط الأنابيب والقطع الساخن للكوبون قريبة من بعضها البعض بالنسبة لهذا النوع من تقييم الجدوى. تنطبق تكاليف الصيانة على معدات التوصيل الساخن فقط فيما يتعلق بشحذ المثقاب وصيانة المعدات الأخرى واستبدالها.

هناك أحجام مختلفة لمعدات التوصيل ويمكن أن تقوم معدة واحدة منها بإجراء التوصيل الساخن من ٣ إلى ١٢ بوصة. يمكن شراء المعدات الأقل تكلفة لإجراء التوصيلات الصغيرة (من ١ إلى ٣ بوصات). بوجه عام تتراوح التكاليف المالية لشراء معدات التوصيل الساخن والتي تعتمد عليها شركات الغاز للتوصيلات التي تعد أحجامها أكثر شيوعًا بين ١٧٢٨٧ دولار و٣٠١٢٢ دولار.

عادة ما تكون تكلفة المعدات نفقات مالية غير متكررة ويمكن استهلاكها عبر عمر الجهاز والذي عادة ما يتراوح بين ١٥ إلى ٢٠ عامًا. لكن كل شركة يكون عليها حساب معدل الاستهلاك بنفس الطريقة المستخدمة لشراء المعدات الأخرى (مثل الاستهلاك على مدار فترة زمنية محددة). يجب وضع ذلك في الاعتبار فيما يتعلق بعدد مرات استخدام الآلة في المستقبل. من أجل اتخاذ ذلك القرار، يجب أن يفحص المشغلون سجلات الشركة لتحديد عدد المرات التي تم فيها إجراء توصيلات مشابهة على أساس نموذجي، سوف تجد الشركة التي تقوم بأداء العديد من التوصيلات الساخنة في العام أنه يجدر من الناحية الاقتصادية امتلاك المعدات، وخاصة بأحجام تصل إلى ١٢ بوصة والمحافظة على فريق عمل متدرب لأداء الخدمة. عادة ما تكون هذه الأعمال أكثر بساطة وتحتاج إلى قليل من التدريب المتخصص عن أعمال التوصيلات الكبرى. بالنسبة للتوصيلات الساخنة الكبرى والأقل تكرارًا، يمكن أن تعتبر الشركة الأمر أكثر فعالية للتكلفة عند تعيين مقاول يقوم بتوفير المعدات وطاقم العاملين المتدربين. سوف يقوم معظم باعة الوصلات الساخنة بتوفير جميع معدات التوصيل اللازمة، بما في ذلك معدة الحفر والتركيبات والصمامات وأدوات القطع وخدمات الإصلاح. يقدم غالبية الباعة أيضًا خدمات تعاقدية للأعمال الكبرى أو غير المتكررة أو يقوموا بتأجير معدات التوصيل. يمكن أن يعمل تقديم خدمات الدعم مثل الحفر واللحام والرافعات على تقليل تكاليف الاستعانة بالمقاول الخارجي.

هناك بعض العوامل الأخرى التي ينبغي وضعها في الاعتبار عند تحديد البدائل عن شراء معدات التوصيل الساخن أو تعيين المقاولين الخارجيين ومثل مادة وسمك خط الأنابيب وضغط النظام ودرجة الحرارة، يجب أن تقوم الشركة بتقييم مدى تكرار استخدام معدات التوصيل وإذا ما كانت هذه المعدات سوف تحقق الفوائض عن طريق امتلاكها والحفاظ عليها وتدريب المشغلين أم لا.

يقدم الرسم التوضيحي (٥) معدلات تكاليف التوصيل الساخن لكل من شراء المعدات والخدمات التعاقدية. تتضمن معدلات التكلفة الموضحة جميع المواد والمصروفات الإضافية التي ستتمثل في العمالة إضافة إلى نفقات الصيانة بناءً على المناقشة السابقة. يوضح الباعة أن تكاليف العمليات والصيانة يمكن أن تختلف بشكل كبير بناءً على عدد التوصيلات والعناية بالمعدات والعناية الإجرائية.

الرسم التوضيحي ٥: مصروفات التوصيلات الساخنة				
حجم الوصلة	التكلفة المالية		تكلفة الخدمة التعاقدية (دولار)	تكلفة التشغيل والصيانة الخاصة بالمعدات (دولار/عام)
	المعدة [١]	المادة		
الوصلات الصغرى (<١٢ بوصة)	١٧٢٨٧ - ٣٠١٢٢	-	-	٧٢٤ - ٧٢٣٥
الوصلات الكبرى (>١٢ بوصة)	٢٦١٩٢٧- ١٣٠٩٦٣[٢]	٢٦١٩ - ١١٩٤٤[٢]	١٤٤٧ - ٥٧٨٨	-
[١] يمكن أن تستمر معدات التوصيل الساخن من ٥ إلى ٤٠ عامًا. يمكن أن تقوم الشركة بأداء أكثر من ٤٠٠ توصيل في العام.				
[٢] سوف تجد معظم الشركات مميزات اقتصادية أكبر عند التعاقد بشأن أعمال التوصيلات الساخنة الكبرى وعليه، فلن تتكبد هذه التكاليف.				
ملحوظة: تم تقديم المعلومات الخاصة بالتكلفة من قبل مصنعي ومقاولي الوصلات الساخنة. تم تقديم الأسعار فيما يتعلق بالخيارات الأكثر في ميزاتها الاقتصادية فقط.				

يوضح الرسم التوضيحي (٦) تكاليف المعدات والتشغيل والصيانة وخدمات المقاولين فيما يتعلق بأداء ٣٢٠ توصيلاً في العام في السيناريو الافتراضي المذكور سلفًا في الرسم التوضيحي (٤). تم افتراض كون الوصلات التي تبلغ ٤ بوصات و٨ بوصات و١٠ بوصات (بإجمالي ٣٠٥ وصلة) قد يتم إجراءها من قبل الشركة. وحيث يتم إجراء بعض التوصيلات التي تعادل ١٨ بوصة أو أكبر من ذلك كل عام، فإن هذه التوصيلات (بإجمالي ١٥ توصيلة) قد يتم التعاقد بشأنها مع الباعة. تشتمل تكلفة المعدات تكلفة شراء معدتين صغيرتين (١٢ بوصة) للتوصيل. ولغرض هذه الدروس المستفادة، يتم استخدام القيمة المتوسطة للشراء وتكاليف التشغيل والصيانة والخدمة التعاقدية المذكورة في الرسم التوضيحي (٥) من أجل إنجاز تحليل التكلفة للسيناريو الافتراضي. وبناء على هذه الافتراضات، يتم حساب إجمالي تكلفة المعدات بنحو ٤٧٤٠٩ دولار وتكون تكلفة التشغيل والصيانة ٧٩٥٩ دولار وتكلفة الخدمات التعاقدية ٥٤٢٦٣ دولار.

الرسم التوضيحي ٦: تكاليف التوصيل الساخنة السنوية المقدرة للسيناريو الافتراضي
المعطيات: تكلفة المعدات لكل معدة: ٢٣٧٠٤ دولار [١] تكلفة التشغيل والصيانة لكل معدة: ٣٩٧٩ دولار [١] تكلفة الخدمة التعاقدية لكل توصيل (٣٦١٨ دولار)[١] عدد معدات التوصيل الساخن = ٢ عدد التوصيلات المتعاقد عليها = ١٥ (تكون جميع التوصيلات ١٢ بوصة وأكبر). **الحساب:** إجمالي تكلفة المعدات = ٢٣٧٠٤ دولار × ٢ = ٤٧٤٠٩ دولار إجمالي تكلف التشغيل والصيانة = ٣٩٧٩ دولار × ٢ = ٧٩٥٩ دولار. تكلفة الخدمات التعاقدية = ٣٦١٨ × ١٥ = ٥٤٢٦٣ دولار
[١] متوسط التكاليف من المعدلات في الرسم التوضيحي (٥).

الخطوة ٤: قم بتقييم فوائض الغاز الناتجة عن التوصيل الساخن. يقدم الرسم التوضيحي (٧) فوائض الغاز الطبيعي وغاز التنظيف ذات الصلة بالتوصيل الساخن على خطوط الأنابيب الصغرى والكبرى ذات الضغط المرتفع في السيناريو الافتراضي بإجراء ٣٢٠ توصيلاً في العام. يتم حساب القيم باستخدام المعادلات الموضحة في الرسم التوضيحي (٣) وضربها في عدد التوصيلات السنوية. تكون الفوائض في خسائر الغاز ذات الصلة بالتوصيلات التي تتطلب وقف الخدمة هي الفوائض الأساسية التي تنتج عند استخدام هذه التوصيلات الساخنة.

الرسم التوضيحي ٧: فوائض الغاز السنوية المقدرة للسيناريو الافتراضي					
سيناريو التوصيل	عدد التوصيلات السنوية	فوائض الغاز الطبيعي		فوائض غاز التنظيف	إجمالي فوائض الغاز
خطوط الأنابيب		لكل توصيلة (ألف قدم مكعب)	السنوية (ألف قدم مكعب)	لكل توصيلة (ألف قدم مكعب)	السنوية (ألف قدم مكعب)	دولار
خط أنابيب ٤ بوصات ٣٥٠ رطل لكل بوصة مربعة خط ٢ ميل	٢٥٠	٢٢	٥٥٠٠	٢	٥٠٠	٤٢٥٠٠
خط أنابيب ٨ بوصات ١٠٠ رطل لكل بوصة مربعة خط ١ ميل	٣٠	١٣	٣٩٠	٤	١٢٠	٣٦٩٠
خط أنابيب ١٠ بوصات، ١٠٠٠ رطل لكل بوصة مربعة خط ٣ ميل ٢٥	٥٨٩	١٤٧٢٥	١٩	٤٧٥	١٠٦٨٧٥	
خط أنابيب ١٨ بوصة، ٢٠٠ رطل لكل بوصة مربعة خط ٢ ميل	١٥	٢٥٥	٣٨٢٥	٤١	٦١٥	٣١٦٩٥
الإجمالي السنوي			٢٤٤٤٠		١٧١٠	١٨٤٧٦٠

[١] تم تقديم أحجام وعدد التوصيلات من السيناريو المذكور في الرسم التوضيحي ٤.
٢ المثال على توصيل الأنبوب البالغ قطره ٤ بوصة الموضح في الرسم التوضيحي ٤.
٣ قيمة الغاز الطبيعي ٧ دولارات/ألف قم مكعب وقيمة الغاز الخامل (النيتروجين) ٨ دولارات/ألف قدم مكعب.

محتوى الميثان في الغاز الطبيعي

يحتوي الغاز الطبيعي عالي الجودة في خط الأنابيب الموجود في قطاع النقل على نسبة ٩٣% تقريبًا من غاز 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.

الخطوة ٥: قم بمقارنة الخيارات وتحديد المزايا الاقتصادية للتوصيل الساخن. يقارن التحليل الاقتصادي الموضح في الرسم التوضيحي (٨) التكلفة الهامة والفروق في المزايا بين التوصيل الساخن والتوصيلات التي تحتاج إلى وقف الخدمة بالنسبة للسيناريو الافتراضي الذي يفترض إجراء ٣٢٠ توصيلا في العام. تعد التكاليف المهمة هي تكاليف شراء وتشغيل وصيانة معدات التوصيل الساخن و/أو التعاقد على خدمات التوصيل الساخن. في هذا السيناريو، يتم ذكر كلا من التكاليف: حيث تكلفة شراء معدتين للتوصيل الساخن تعادل ٤٧٤٠٩ دولار للأحجام الأصغر ويتم التعاقد على التوصيلات الأكبر حجما بتكلفة ٥٤٢٦٣ دولار في العام. يتم تشغيل معدات التوصيل الساخن وصيانتها بتكلفة ٧٩٥٩ دولار في العام. يتم حساب جميع هذه التكاليف في الرسم التوضيحي (٦). يتم افتراض كون الكثير من المصروفات، بما في ذلك تكلفة التركيبات والصمامات والعمالة الأساسية متشابهة في كل من إجراء التوصيل الساخن وإجراء التوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة وعليه، يمكن استبعاد هذه التكاليف في التحليل المقارن. يمكن إجراء تحليل أكثر تمامًا عن طريق تقييم وذكر تكاليف الشركة الخاصة الكامنة بموجب الرسم التوضيحي (٣).

الدروس المستفادة

تعد الفروق الكبرى في المزايا هي التخفيض في خسائر الغاز الطبيعي عن طريق تقليل التصريف وتقليل غاز التنظيف الخامل الذي يتم استخدامه في إجراء التوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة. كما هو موضح في الرسم التوضيحي (٧) يكون إجمالي فوائض الغاز الطبيعي السنوية ٢٤٤٤٠ ألف قدم مكعب لسيناريو التوصيل الساخن بمعنى ١٧١٠٨٠ دولار في العام باقتراض سعر الغاز ٧ دولارات لكل ألف قدم مكعب. تقدر فوائض الغاز الطبيعي السنوية التي تعادل ١٧١٠ ألف قدم مكعب بنحو ١٣٦٨٠ دولار في العام بتكلفة ٨ دولار لكل ألف قدم مكعب من النيتروجين بإجمالي فائدة سنوية ١٨٤٧٦٠ دولار. قد تعمل المزايا الإضافية الناتجة عن تجنب تسرب الغاز خلال صمامات السد الخاصة بخط الأنابيب أثناء التوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة على تحسين المزايا الاقتصادية للتوصيل الساخن.

الرسم التوضيحي ٨: التحليل الاقتصادي للتوصيل الساخن مقابل التوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة

	العام صفر	العام الأول	العام الثاني	العام الثالث	العام الرابع	العام الخامس
التكلفة المالية (١) دولار	٤٧٤٠٩	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
تكلفة الخدمة التعاقدية (دولار)١	صفر	(٥٤٢٦٣)	(٥٤٢٦٣)	(٥٤٢٦٣)	(٥٤٢٦٣)	(٥٤٢٦٣)
تكلفة التشغيل والصيانة (دولار)	صفر	٧٩٥٩	٧٩٥٩	٧٩٥٩	٧٩٥٩	٧٩٥٩
إجمالي التكلفة (دولار	(٤٧٧٠٩)	٦٢٢٢٢	٦٢٢٢٢	٦٢٢٢٢	٦٢٢٢٢	٦٢٢٢٢
فوائض الغاز الطبيعي		١٧١٠٨٠	١٧١٠٨٠	١٧١٠٨٠	١٧١٠٨٠	١٧١٠٨٠
فوائض الغاز الخامل		١٣٦٨٠	١٣٦٨٠	١٣٦٨٠	١٣٦٨٠	١٣٦٨٠
صافي الأرباح (دولار)	٤٧٤٠٩	١٢٢٥٣٨	١٢٢٥٣٨	١٢٢٥٣٨	١٢٢٥٣٨	١٢٢٥٣٨
العائد شهور						٥
معدل العائد الداخلي						٢٥٨%
صافي القيمة الحالية (١)						٤١٧١٠٧ دولار
١ يعتمد صافي القيمة الحالية على معدل خصم ١٠% على مدار خمس سنوات						

عند تقدير الخيارات المتاحة لإجراء التوصيلات الجديدة في خطوط الأنابيب، قد يؤثر سعر الغاز الطبيعي على عملية صنع القرار. يوضح الرسم التوضيحي ٩ تحليلاً اقتصاديًا لعدد ٣٢٠ وصلة جديدة باستخدام سيناريو التوصيلات الساخنة بأسعار مختلفة للغاز الطبيعي.

الرسم التوضيحي ٩: أثر سعر الغاز على التحليل الاقتصادي

	٣ دولارات/ألف قدم مكعب	**٥ دولارات/ألف قدم مكعب**	**٧ دولارات/ألف قدم مكعب**	**٨ دولارات/ألف قدم مكعب**	**١٠ دولارات/ألف قدم مكعب**
قيمة فائض الغاز	٧٣٣٢٠ دولار	١٢٢٢٠٠ دولار	١٧١٠٨٠ دولار	١٩٥٥٢٠ دولار	٢٤٤٤٠٠ دولار
فترة العائد (الشهور)	٢٣	٨	٥	٤	٣
معدل العائد الداخلي	٤٤%	١٥٤%	٢٥٨%	٣١٠%	٤١٣%
صافي القيمة الحالية (I = ١٠%)	٤٦٥٢٠ دولار	٢٣١٨١٤ دولار	٤١٧١٠٧ دولار	٥٠٩٧٥٥ دولار	٦٩٥٠٤٨ دولار

الدروس المستفادة

في النهاية، تم التوصل إلى كون التوصيل الساخن أكثر فعالية للتكلفة من التوصيلات التي تتطلب وقف الخدمة، وحتى عندما تكون هناك ضرورة لوقف النظام عن الخدمة، فإن التوصيل الساخن يقدم فرصًا للفوائض في كل من الوقت والتكلفة. وبينما يعد التوصيل الساخن ممارسة تستخدمها الشركات على مدى التاريخ لأسباب غير فوائض الغاز، فإن مزايا خفض معدلات انبعاث غاز الميثان يمكن غالبًا أن تخدم في تبرير التوصيل الساخن عن إجراء التوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة في مجموعة من الظروف.

تجربة أحد الباعة

يوضح أحد الباعة أن خدمة الغاز يوم واحد في خط أنابيب الغاز الطبيعي البالغ ٣٦ بوصة والذي يعمل تحت ضغط ١٠٠٠ رطل لكل بوصة مربعة بالنسبة لأحد عملاء نقل الغاز تعادل ٣٦٥٠٠٠ دولار في العائد الإجمالي. وقد يستغرق الأمر تقريبًا ٤ أيام لإجراء التوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة بتكلفة ١,٥ مليون دولار ولا يتضمن ذلك تكلفة تصريف محتويات خط الأنابيب من أجل إجراء التوصيل مع وقف الخدمة. أما التوصيل الساخن فيمكنه الحد من هذه الخسائر في العائد عن طريق عدم انقطاع الخدمة.

الدروس المستفادة

عادة ما تمر خطوط الأنابيب بالعديد من التحويلات كل عام. يمكن أن يعمل إجراء التوصيل الساخن لإجراء هذه التوصيلات والتركيبات على خفض معدلات انبعاث غاز الميثان من خطوط الأنابيب وزيادة الفوائض والفعالية. فيما يلي العديد من الدروس المستفادة التي يقدمها الشركاء وبائعي التوصيلات الساخنة:

- تم إجراء التوصيلات الساخنة من قبل شركات نقل وتوزيع الغاز على مدار العديد من العقود. وعن طريق تقييم فوائض الغاز ذات الصلة بهذه الممارسة، يمكن استخدام التوصيل الساخن في الكثير من المواقف التي لم يتم استخدامه فيه.
- يجب أن يكون موقع الفرع الذي يتم لحامه خاليًا من التآكل العام والتآكل الناتج عن الضغط والتصدع والتصفيح.
- يجب عدم إجراء التوصيل الساخن أعلى الجهاز الدوار مباشرة أو أعلى صمامات التحكم التلقائية، إلا إذا تمت حماية هذا الجهاز من القطع من خلال المرشحات أو المحابس.
- عند التوصيل على الأنابيب الفولاذية، تتكون التركيبات عادة من وصلة فرعية ملحومة. ولكن عند اللحام في حديد الزهر، أو أسمنت الإسبستوس أو الخرسانة، لا يمكن لحام التركيبات في الرافعة الحالية. يجب في هذه الحالة استخدام تقنيات ربط بديلة للتركيبات مثل جلبة ضغط الحديد الزهر المنشقة أو سناد ميكانيكي مشترك.
- بالنسبة للأنشطة البلاستيكية، يجب أن يضمن المشغل كون تركيبات التوصيلات الساخنة ملائمة لنوع الأنبوب البلاستيكي في النظام إضافة إلى استخدام طُرق الربط الملائمة. يمكن أن يقدم الباعة التركيبات والأدوات المناسبة لكل نوع من أنواع النظام البلاستيكي.
- إذا لم يتم إجراء التوصيل الساخن في الماضي، فيجب تطوير إجراءات التوصيل الساخن وتدريب طاقم العاملين. تأكد من ذكر التعليمات الخاصة باحتمال الحرق أو التصدع بسبب الهيدروجين أثناء اللحام.
- يجب أن تفي جميع المعدات بالحد الأدنى من المعايير الصناعية والفيدرالية فيما يتعلق بالضغط ودرجة الحرارة ومتطلبات التشغيل.
- إذا واجهت ظروفًا خاصة بالحرارة أو الضغط أو تركيب الأنبوب أو قطر الوصلة لا تتماشى مع نظامك، فيجب استشارة جهة تصنيع جهاز التوصيل أو التركيبات.
- يجب الاستفسار عن القوانين والمعايير الفيدرالية للحصول على مواصفات أكثر تحديدًا (على سبيل المثال الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين B31.8، معهد البترول الأمريكي ٢٢٠١، معهد البترول الأمريكي ١١٠٤، معهد البترول الأمريكي D12750، 49 CER 192).
- قم بتسجيل التخفيضات في الانبعاثات ذات الصلة باستخدام الوصلات الساخنة وتقديمها مع تقريرك السنوي لشركة ستار (STAR) للغاز الطبيعي.

الدروس المستفادة

المراجع

معهد البترول الأمريكي. *إجراء لحام التوصيلات الساخنة على الأجهزة أثناء الخدمة*. ممارسة ٢٢٠١م موصى بها من قبل معهد البترول الأمريكي، الطبعة الثالثة والرابعة، أكتوبر/تشرين أول ١٩٨٥ وسبتمبر/أيلول ١٩٩٥.

معهد البترول الأمريكي. *لحام خطوط الأنابيب والمرافق المرتبطة*، إصدار رقم ١١٠٤، الطبعة التاسعة عشر، سبتمبر/أيلول ١٩٩٩. الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين. كود الجمعية الأمريكية لأنابيب الضغط، B31، الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين، B31.8، ١٩٩٥.

الاتصال الشخصي: بروس، ويليام إيه، معهد إيديسون للحام. بيرنسز ديفيد.

الاتصال الشخصي: ترانسكندا للتوصيلات الساخنة. شابوت، جيمس، غاز ميشيغان.

الاتصال الشخصي: شيلا، فيرن شركة انترناشيونال بايبنج سيرفيسز

الاتصال الشخصي: دافيني توم، كون إيديسون.

الاتصال الشخصي: ديوج، ديانا، ترانكندا ألبرتاسيستم، خطوط أنابيب ترانسكندا.

الاتصال الشخصي: هيرانيكا، أنطوني، كون إيديسون.

الاتصال الشخصي: شركة هيدراستوجي رائدة في التركيب في ظل الضغط، المعلومات والإجراءات الأساسية لوصل وسد خط الأنابيب، لاشوتو بول باي ستات جاز.

الاتصال الشخصي: مكاليتز إي دابليو إديتور *كتيب القواعد التجريبية لخطوط الأنابيب الطبعة الرابعة*. شركة إصدارات الخليج.

ماك إيليجوت، جون إيه، جون ديلانتي، بروك دلانتي. يمكن توسيع استخدام الوصلات الساخنة لخطوط الأنابيب الساخنة" صحيفة النفط والغاز، ٣٠/١١/١٩٩٨ ماك ميكين، مايك وبريان باوتشر شركة تيم انداستريال سيرفيسز.

الاتصال الشخصي: بيتوليك، دون وجاري فاند رهي. شركة هيدراستوب.

الاتصال الشخصي: رودجرز إيريك، شركة توباز.

الاتصال الشخصي: سميث، شارلي، شركة مولر.

الاتصال الشخصي: فاندروفورت، شركة دال وتي دي ويليامسون.

الاتصال الشخصي: فينو وبال، شريكانث ترانسكندا ترانسميشن.

الاتصال الشخصي: تبنغلي، كيفين، برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي.

القانون الأمريكي للوائح الفيدرالية العنوان ٤٩، الجزء ١٩٢ (49 CER 192) الجزء الفرعي (د) "نقل الغاز الطبيعي والغازات الأخرى عبر خط الأنابيب: الحد الأدنى من معايير الأمان الفيدرالي، تصميم عناصر خط الأنابيب.

ملحق: معلومات تكميلية

الصمامات: تكون الصمامات المستخدمة في التوصيل الساخن من نوع الصمامات الكروية ذات الفتحة الكاملة أو الصمامات البوابية الثابتة. يمكن لموردي الأنابيب دائمًا تقديم أسعار الصمامات والتركيبات إذا كانت مذكورة في المعلومات الخاصة بالسيناريو بما في ذلك حجم الأنبوب وحجم المصرف ومحتوى وضغط ومادة خط الأنابيب.

التشكيلات المصممة على شكل حرف تي/التركيبات. هناك العديد من الأنواع المختلفة للتركيبات الميكانيكية والملحومة التي يتم استخدامها في التوصيل الساخن بما في ذلك ولدولت (weldolet)وثريدوليت (threadolet)أو وصلة الوشاح أو تركيبات التوصيل المُصممة على شكل حرف تي أو السناد كامل الإحاطة. من أكثر تركيبات التوصيل شيوعًا جلبة الحديد الزهر المنشقة. عادة يتم تحديد أسعار التركيبات بناء على حجمها وتصنيف فلانج (المعهد القومي الأمريكي للتنميط/الضغط) وأية خصائص أخرى خاصة. فيما يلي تكاليف التركيبات النموذجية التي يقدمها الباعة.

تي دي ويليامسون - تكاليف التركيبات التامة المنشقة على شكل حرف "تي"	
الحجم (خط الأنابيب/المصرف)	
١٦ بوصة × ١٦ بوصة	٢٠٠٠ دولار
١٨ بوصة × ١٨ بوصة	٣٠٠٠ دولار
٢٠ بوصة × ٢٠ بوصة	٥٠٠٠ دولار
٢٤ بوصة × ٢٤ بوصة	٦٠٠٠ دولار
٣٠ بوصة × ٣٠ بوصة	٩٠٠٠ دولار
١٦ بوصة × ٤٠ بوصة	٢٥٠٠ دولار
١٦ بوصة × ٦٠ بوصة	٢٥٠٠ دولار
تتعلق تقديرات الأسعار بتصنيف رقم ٣٠٠ هناك تركيبات متاحة لتصنيفات فلانج رقم ١٥٠ ورقم٤٠٠ ورقم ٦٠٠ ورقم ٩٠٠ ورقم١٥٠٠ وأحجام ١ × ١ بوصة إلى ٩٦ × ٩٦ بوصة.	

توباز - تكاليف تركيبات التوصيل على شكل حرف تي			
الحجم (خط الأنابيب × المصرف)	تصنيف فلانج رقم ١٥٠	تصنيف فلانج رقم ٣٠٠	تصنيف فلانج رقم ٦٠٠
٢ بوصة × ٢ بوصة	٣٨٦ دولار	٣٩٩ دولار	٤٤٣ دولار
٤ بوصات × ٤ بوصات	٤٠٧ دولار	٤٢٨ دولار	٤٨١ دولار
١٢ بوصة × ١٢ بوصة	١٣٩٤ دولار	١٤٨٤ دولار	١٦٢٤ دولار
٢٠ بوصة × ٢٠ بوصة	٣٦٤٥ دولار	٣٨٥٧ دولار	٤٢٩٠ دولار
١٢ بوصة × ٤ بوصات	١٢٤٨ دولار	٢٢٥١ دولار	١٣٤٧ دولار
٢٠ بوصة × ٨ بوصات	١٤٢٨ دولار	١٤٦٨ دولار	١٥٢١ دولار
هناك تركيبات متاحة للأحجام الأخرى			

الدروس المستفادة

توباز- تكاليف السناد كامل الإحاطة (دولار)		
الحجم (خط الأنابيب × المصرف)	الجزء ١	الجزء ٢
٢ بوصة × ٢ بوصة	٢٢٧ دولار	١٨٩ دولار
٤ بوصات × ٤ بوصات	٢٢٧ دولار	١٨٩ دولار
١٢ بوصة × ١٢ بوصة	٦٤٥ دولار	٥٣٩ دولار
٢٠ بوصة × ٢٠ بوصة	غير متاح	١٣٠٦ دولار
١٢ بوصة × ٤ بوصات	٥٩٤ دولار	٤٩٥ دولار
٨ بوصات × ٢٠ بوصة	١٣٠٣ دولار	١٠٧٦ دولار
١٦ بوصة × ٤٠ بوصة	غير متاح	٣٤٩٣ دولار
هناك تركيبات متاحة للأحجام الأخرى		

يمكن أن تكون تكلفة إعادة الإضاءة للعملاء إحدى التكاليف الكامنة المحتملة للتوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة وذلك إذا لم يكن هناك إمكانية للإمداد بالغاز من مصادر بديلة. قد تتطلب هذه العملية زيارتين أحدهما للإغلاق والأخرى للتشغيل وإعادة الإضاءة. وفي العادة، قد تستغرق الزيارة لأحد العملاء المحليين من ١٥ إلى ٣٠ دقيقة وقد تستغرق إلى عميل تجاري أو صناعي ساعة تقريبًا وذلك حسب مكتب إحصائيات العمل وقد يحصل الموظف على ٩,٧٥ دولار في الساعة في هذا العمل.

تكلفة إعادة الإضاءة = عدد العملاء المحليين × ٠,٣٨ ساعة + عدد العملاء التجاريين الصناعيين × ساعة × ٩,٧٥ دولار/ساعة.

قد لا يكون من الممكن إجراء التوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة خلال أوقات مثالية. قد تكون هناك ضرورة لإنجاز تحديد المواعيد والتخطيط الإضافي من أجل الترتيب للإنشاء والحفر الإضافي اللازم لوقف الخط، ويتم دفع بدل الوقت الإضافي للموظفين وإخطار العملاء بوقف الخدمة.

هناك تكاليف أخرى إضافية مثل تكاليف تحديد المواعيد والعمالة والوقت الإضافي والإخطار، لكن هذه التكاليف تخص كل شركة على حدة وتعد بعيدة عن نطاق هذه الدراسة. يمكن تقدير هذه التكاليف بناءً على تجربة وقف الخدمة الماضية. يجب أن يقوم أحد المشغلين بدراسة السجلات السابقة من أجل تحديد التكاليف التي يتم تجنبها عن طريق أداء التوصيل الساخن بدلاً عن التوصيل الذي يتطلب وقف الخدمة (إن وجدت).

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