REPLACING WET SEALS WITH DRY SEALS IN CENTRIFUGAL COMPRESSORS

استبدال موانع التسرب الرطبة بأخرى جافة في ضواغط الطرد المركزي

ملخص تنفيذي

كثيرا ما يتم استخدام ضواغط الطرد المركزي في إنتاج ونقل الغاز الطبيعي. تعمل موانع التسرب المثبتة على أعمدة المحرك الدوارة على منع الغاز الطبيعي ذا الضغط المرتفع من التسرب من غطاء الضاغط. وعلى نحو تقليدي، استخدمت هذه الموانع البترول ذا الضغط المرتفع كعائق ضد تسرب الغاز. وقد توصل شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي إلى أن استبدال هذه الموانع "الرطبة" (البترولية) بأخرى جافة يعمل بشكل كبير على تقليل التكاليف التشغيلية وخفض معدلات انبعاث غاز الميثان.

تتراوح معدلات انبعاث الغاز عادة بين ٤٠ إلى ٢٠٠ قدم مكعب قياسي في الدقيقة. تحدث معظم هذه الانبعاثات عندما يتم فصل زيت التدوير عن الغاز الذي يمتصه في واجهة مانع التسرب ذا الضغط المرتفع. تعمل الموانع الجافة التي تستخدم الغاز ذا الضغط المرتفع لإغلاق الضاغط على إخراج غاز طبيعي أقل (يصل إلى ٦ أقدام مكعبة قياسية في الدقيقة)، وتكون متطلباتها أقل وتعمل على تحسين الكفاءة التشغيلية للضاغط وخط الأنابيب إضافة إلى أداءهما، كما تعمل على زيادة دقة الضاغط مع احتياجها إلى صيانة أقل.

ورغم أن التحول إلى موانع التسرب الجافة قد لا يكون ممكنا مع بعض الضواغط نتيجة لتصميم الغطاء أو بسبب المتطلبات التشغيلية، فإن الشركاء يجب عليهم اختيار موانع التسرب الجافة بدلاً من موانع التسرب الرطبة عند استبدال أو تركيب ضواغط الطرد المركزي حال كون ذلك ممكنًا. يمكن أن يعمل المانع الجاف على توفير ٣١٥٠٠٠ دولار تقريبا في العام ويتم تحصيل تكلفته في أقل من ١١ شهرًا. خفض أحد شركاء ستار (STAR) للغاز الطبيعي الذي قام بتركيب مانع تسرب جاف على أحد الضواغط الموجودة نسبة ٩٧% من معدلات الانبعاث بمقدار ٧٥ إلى ألفي قدم مكعب في اليوم مما أدى إلى توفير ١٨٧٠٠٠ دولار في العام تقريبا في الغاز فقط.

طرق تقليل انبعاثات غاز الميثان	حجم الغاز الطبيعي الذي يتم توفيره (ألف قدم مكعب/عام)	قيمة فوائض الغاز الطبيعي (دولار/عام)	تكاليف التطبيق (الدولار)	العائد (شهور)
استبدال موانع التسرب الرطبة بموانع تسرب جافة في ضواغط الطرد المركزي	٤٥١٢٠ دولار [١]	٣١٥٨٤٠ دولار	٣٢٤٠٠٠ دولار[٢]	١٠[٣]

[١] بناء على الفرق بين معدلات الخروج النموذجية لموانع التسرب الرطبة والجافة (بمعدل ١٠٠ قدم مكعب قياسي في الدقيقة) على الضاغط الشعاعي الذي يعمل بطاقة ٨,٠٠٠ ساعة/عام.
[٢] قيمة الغاز = ٧,٠٠ دولار/ألف قدم مكعب.
[٣] بناء على استبدال مانع التسرب الرطب الذي يعمل بشكل جيد مع تخفيض ١٠٢٤٠٠ دولار إضافية في تكاليف الصيانة والتشغيل.

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

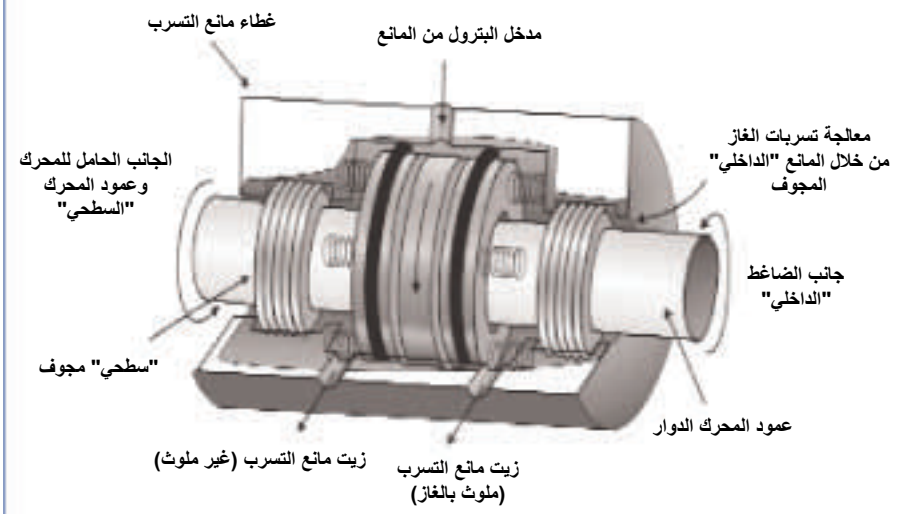
موانع التسرب الرطبة

تتطلب الضواغط العاملة بالطرد المركزي بعض موانع التسرب الموجودة حول عمود الإدارة، وذلك من أجل منع الغازات من الهروب عند مكان خروج العمود من علبة الضاغط. وتحتوي الضواغط من نوع "الدعامة" الأكثر شيوعاً على مانعي تسرب، يوجد كل منهما بكل طرف من أطراف الضاغط، بينما تحتوي الضواغط "المعلقة" على مانع تسرب واحد على الجانب "الداخلي" من المحرك. وكما هو موضح في الملحق رقم ١، تستخدم موانع التسرب هذه الزيت الذي يتم تدويره تحت ضغط عالٍ بين ثلاث حلقات حول عمود الضاغط، مما يشكل حاجزاً ضد تسرب الغاز المضغوط. كما يتم توصيل الحلقة المركزية بالعمود الدوار، بينما تكون الحلقتان الموجودتان على كل جانب ثابتتين في علبة مانع التسرب، ويتم ضغطهما في مقابل طبقة رقيقة من الزيت المتدفق بين الحلقات للقيام بالتشحيم وللعمل كحاجز للتسرب. علاوة على ذلك تمنع موانع التسرب المطاطية "الحلقة الدائرية" حدوث التسرب حول الحلقات الثابتة. وهنا تهرب كمية ضئيلة للغاية من الغاز من خلال حاجز الزيت، مع الأخذ في الاعتبار أنه يتم امتصاص كمية أكبر من الغاز عن طريق الزيت تحت ضغط عالٍ عند السطح البيني "الداخلي" (جانب الضاغط) بزيت أو غاز مانع التسرب، مما يؤدي إلى تلوث زيت مانع التسرب. هذا، ويتم تظهير زيت مانع التسرب من الغاز الممتص (باستخدام أجهزة التسخين وخزانات الدفع وطرق التحرير من الغاز) ويتم إعادة تدويره. ويتم تصريف الميثان الذي تم استعادته عادةً للهواء الخارجي.

موانع التسرب الجافة

من بين البدائل لنظام مانع تسرب (البترول) الرطب التقليدي نظام مانع التسرب الجاف الآلي. لا يستخدم هذا النظام أي زيت لمنع التسرب الدوار. تعمل موانع التسرب الدوارة آليًا في ظل القوة المضادة التي تنتج التجويفات الهيدروديناميكية والضغط الساكن.

الرسم التوضيحي (١): موانع التسرب الرطبة



وكما يبين الرسم التوضيحي (٢-أ) والرسم التوضيحي (٢-ب) يتم حفر التجويفات الهيدروديناميكية في سطح الحلقة الدوارة المثبتة في عمود محرك الضاغط. في حالة عدم دوران الضاغط، يتم ضغط الحلقة الثابتة في غطاء مانع التسرب في مقابل الحلقة الدوارة عن طريق الياي (الزنبرك). عندما يدور عمود محرك الضاغط بسرعة عالية، لا يكون للغاز الضاغط غير محرك واحد للتسرب أسفل عمود المحرك أي بين الحلقات الدوارة والثابتة. يتم ضخ هذا الغاز بين الحلقات عن طريق التجويفات في الحلقة الدوارة.

تعمل القوة المضادة للغاز الطبيعي ذات الضغط المرتفع الذي يتم ضخه بين الحلقات والياي (الزنبرك) والتي تحاول دفع الحلقات معًا على خلق فجوة صغيرة جدًا بين حلقات تلك الفجوة التي يكون تسرب الغاز من خلالها ضئيلاً جدًا. عندما يعمل الضاغط، لا تتصل الحلقات ببعضها البعض وبناء عليه، فإنها لا تحتاج إلى تشحيم. تعمل حلقات منع التسرب المستديرة على إغلاق الحلقات الثابتة في خزانة مانع التسرب.

الدروس المستفادة

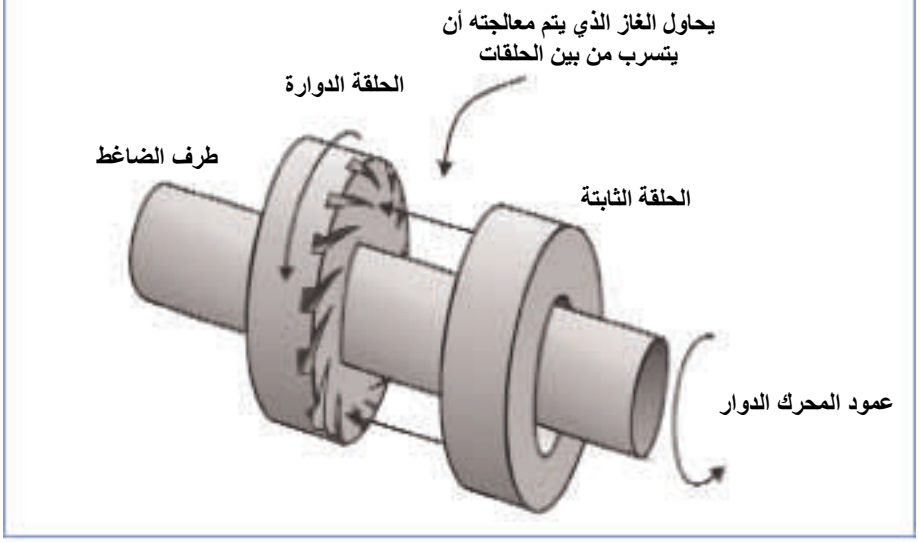
عند وضع اثنان أو أكثر من موانع التسرب الجافة معا في مجموعة، كما هو موضح في الرسم التوضيحي ٢-ب، يُطلق على ذلك موانع التسرب الجافة الترادفية وتكون هذه الموانع شديدة الفعالية في تقليل معدلات تسرب الغاز. تعد نسبة التسرب من هذا النوع من موانع التسرب الناتج عن نظام مانع التسرب الرطب الذي يخرج الغاز إلى الغلاف الجوي أقل من ١% كما تكون تكاليف تشغيل هذا المانع أقل.

المزايا الاقتصادية والبيئية

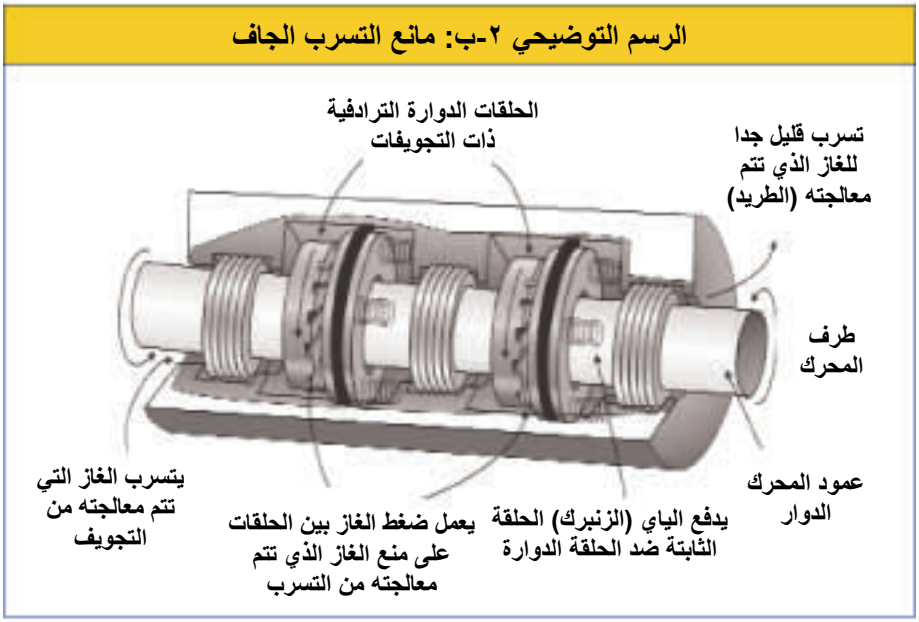
تعمل موانع تسرب الغاز الجافة أساسًا على تقليل انبعاثات غاز الميثان. وفي نفس الوقت فإنها تعمل على تقليل التكاليف التشغيلية بشكل كبير وعلى تحسين فعالية الضاغط. تتضمن المزايا الاقتصادية والبيئية لموانع التسرب الجافة:

- ★ **معدلات تسرب الغاز:** أثناء التشغيل المعتاد، تُسرب موانع التسرب بمعدل ٠,٥ إلى ٣ أقدام مكعبة قياسية في الدقيقة لكل مانع تسرب بناء على حجم مانع التسرب والضغط العامل. وبينما يعادل ذلك معدل تسرب مانع التسرب الرطب على واجهة مانع التسرب، فإن هذه الموانع الرطبة تسفر عن انبعاثات إضافية أثناء إزالة الغاز من زيت التدوير. غالبا ما يخرج الغاز الذي تتم إزالته من البترول إلى الغلاف الجوي مما يجعل إجمالي معدل تسرب الخاص بموانع التسرب الرطبة المزدوجة يكون بين ٤٠ و٢٠٠ قدم مكعب قياسي في الدقيقة، بناء على حجم وضغط الضاغط.
- ★ **أكثر بساطة من الناحية الآلية:** لا تحتاج أنظمة مانع التسرب الجاف إلى مكونات دقيقة لتدوير البترول أو إلى مرافق للمعالجة.
- ★ **استهلاك أقل للطاقة:** نتيجة لعدم وجود مضخات وأنظمة ملحقة لتدوير البترول في موانع التسرب الجافة، فإنها تتجنب خسارة الطاقة "الطفيلية". تحتاج الأنظمة الرطبة من ٥٠ إلى ١٠٠ كيلووات من الطاقة في الساعة بينما تحتاج أنظمة منع التسرب الجافة إلى ٥ كيلووات من الطاقة في الساعة.
- ★ **مستوى أفضل من الدقة:** تعد أعلى نسبة تعطل في أحد الضواغط الذي يستخدم موانع التسرب الرطبة ناتجة عن مشكلات في نظام منع التسرب. تستخدم موانع التسرب الجافة عناصر ملحقة أقل ويؤدي ذلك إلى زيادة الدقة وقلة زمن التعطل.
- ★ **صيانة أقل:** تعد تكاليف صيانة موانع التسرب الجافة أقل عن الرطبة حيث لا يوجد بها أجزاء متحركة ترتبط بتدوير البترول مثل المضخات أو صمامات التحكم أو صمامات التفريغ.
- ★ **تقليل تسرب البترول من موانع التسرب الرطبة.** يعمل استبدال موانع التسرب الرطبة بأخرى جافة على تقليل تسرب البترول في خط الأنابيب، ومن ثم يمنع تلوث الغاز وتآكل الأنابيب.

الرسم التوضيحي ٢-أ: مانع التسرب الجاف



الرسم التوضيحي ٢-ب: مانع التسرب الجاف



الدروس المستفادة

عملية اتخاذ القرار

عادة ما يواجه الشركاء أحد ثلاثة مواقف عند التفكير في تركيب موانع التسرب الجافة: إنهم يقومون باستبدال ضاغط كامل، إنهم يقومون باستبدال مانع تسرب رطب تالف في أحد الضواغط الحالية، أو يقومون باستبدال مانع تسرب رطب يعمل جيدًا في أحد الضواغط الحالية. يحتوي ٩٠% تقريبا من الضواغط الجديدة على موانع تسرب جافة. عند شراء ضاغط جديد، يجب أن يتأكد الشريك من احتوائه على مانع تسرب جاف.

يجب أن يهتم التحليل الخاص باستبدال مانع التسرب الرطب الحالي في أحد الضواغط الحالية باعتبار فوائض انبعاثات غاز الميثان والتكاليف المالية والمزايا التشغيلية. تعد المزايا الاقتصادية لاستبدال موانع التسرب الرطبة العاملة كبيرة، وحال كون ذلك ممكنا، يجب على الشركاء إجراء مثل هذه الاستبدالات. تعد عملية اتخاذ القرار التالية دليلاً لتحديد المرشحات والمزايا والتكاليف الخاصة باستبدال موانع التسرب الرطبة بأخرى جافة في الضواغط.

أربع خطوات للتحويل إلى موانع التسرب الجافة

١. قم بتحديد موانع التسرب الرطبة المرشحة للاستبدال.
٢. قم بتقدير الفوائض من جراء إصلاح مانع التسرب الجاف.
٣. قم بتحديد تكاليف التحويل إلى موانع التسرب.
٤. قم بمقارنة التكاليف مع الفوائض.

الخطوة (١): قم بتحديد موانع التسرب الرطبة المرشحة للاستبدال: يجب على المشغلين إجراء تقييم موجودات وتقييم فني شامل على ضواغطهم الحالية. تتضمن العوامل التي تتم اعتبارها نوع الضاغط وعمر استخدامه وأدواته وظروفه التشغيلية. يجب تحديد جميع الضواغط ذات موانع التسرب الرطبة وتقييمها فيما يتعلق باستبدال تلك الموانع الرطبة بأخرى جافة. عند تحديد الضواغط التي تعد مرشحة لاستبدال موانع التسرب الرطبة، ضع في اعتبارك ما يلي:

- ★ يمكن استخدام موانع التسرب الجافة بأمان للضواغط حتى ٣٠٠٠ رطل لكل بوصة مربعة. وتعد التطبيقات ذات ١٥٠٠ رطل لكل بوصة مربعة نمطية. لكن موانع التسرب الجافة قد لا تكون آمنة مع معدلات الضغط المرتفعة. وعلاوة على ذلك، فإن موانع التسرب الجافة قد لا تكون مناسبة للتطبيقات ذات درجات الحرارة العالية والتي تتراوح بين ٣٠٠ إلى ٤٠٠ درجة فهرنهايت (نتيجة للقصور في المواد الخاصة بحلقات منع التسرب الدائرية)[١] تمنع بعض تصميمات الضواغط إصلاح موانع التسرب الجافة.
- ★ قد تكون بعض الضواغط القديمة في نهاية عمر استخدامها الاقتصادي وعليه، فإنها تكون مرشحة للاستبدال التام بدلاً من استبدال مانع التسرب. يتم تحديد ذلك عند التخطيط للإصلاح الرئيسي وعند توقع زيادة تكاليف التشغيل والصيانة للضواغط القديمة إلى مستوى أكبر من تكاليف تشغيل وصيانة الوحدة الجديدة. من بين الإشارات على احتمالية الوصول لهذه المرحلة، الزيادات المفاجئة في تكرار معدل إجراء الصيانة غير المحددة وعدم إتاحة قطع الغيار أو نقص الدعم الفني.

يجب تقييم ضواغط الطرد المركزي التي تفي بمعايير الخطوة (١) كما يلي:

الخطوة (٢): قم بتقييم فوائض إصلاح مانع التسرب الجاف. بوجه عام، تعود أغلبية الفوائض من استبدال مانع التسرب الرطب بآخر جاف إلى التخفيضات في خسارة غاز الميثان. من أجل تقدير هذه الفوائض، يمكن للشركاء قياس نسبة فقدان غاز الميثان من ضواغطهم ذات مانع التسرب الرطب من فتحة وحدة إزالة الغاز من البترول عن طريق التكييس أو استخدام اختبار التدفق المرتفع. يتسرب بعض الغاز أيضا على واجهة مانع التسرب، لكن تكون هناك صعوبة أكبر في قياسه ويعادل حجم ذلك الغاز أقل من ١٠% من الانبعاثات من وحدة مانع التسرب الخاصة بفصل الغاز عن البترول. يتراوح تسرب الغاز المعتاد من مانع التسرب من ٤٠ إلى ٢٠٠ قدم مكعب قياسي في الدقيقة بالنسبة للضاغط الشعاعي.

محتوى الميثان في الغاز الطبيعي

يحتوي الغاز الطبيعي الجيد لخطوط الأنابيب الموجود في قطاع النقل على ما يقرب من ٩٣% من الميثان. يمكن تقريب التخفيضات في معدلات انبعاث غاز الميثان عن طريق مقارنة محتوى الميثان في الغاز الطبيعي الجيد الخاص بخطوط الأنابيب مع فوائض فوائض الغاز الطبيعي التي يتم حسابها في هذه الوثيقة.

[١] "جون ستاهلي، شركة دريسر-راند"

الدروس المستفادة

وبالمقارنة، فإن الخسائر المتوقعة من موانع التسرب الجافة يمكن رؤيتها في الرسم التوضيحي ٣، وهو رسم بياني من بائع مانع التسرب الجاف. يوضح هذا الرسم البياني مثالاً لأحد أنواع موانع التسرب الترادفية ذات معدلات التسرب التي تتراوح بين ٠,٥ و٣ أقدام مكعبة قياسية في الدقيقة لجميع أعمدة محولات الضاغط من ١,٥ إلى ١٠ بوصات للضاغط الذي يعمل على ضغط ٥٨٠ إلى ١٣٠٠ رطل لكل بوصة مربعة. يمكن أن يعمل استبدال مانع التسرب الرطب بموانع تسرب جافة مزدوجة على تقليل الانبعاثات بين ٣٤ إلى ١٩٤ قدم مكعب قياسي في الدقيقة. يعادل ذلك ١٦٣٢٠ إلى ٩٣١٢٠ ألف قدم مكعب لكل ٨٠٠٠ ساعة في العام، وذلك بإجمالي فوائض سنوية يبلغ ١١٤٢٤٠ إلى ٦٥١٨٤٠ دولار.

تنطبق هذه العملية على جميع تصميمات الضواغط. تشتمل ضواغط التحميل المباشر الأقل شيوعًا على مانع التسرب المنفرد وقد يسفر التحويل من موانع التسرب الرطبة إلى الجافة عن نصف الفوائض الناتجة عن تحويلها في الضاغط الشعاعي.

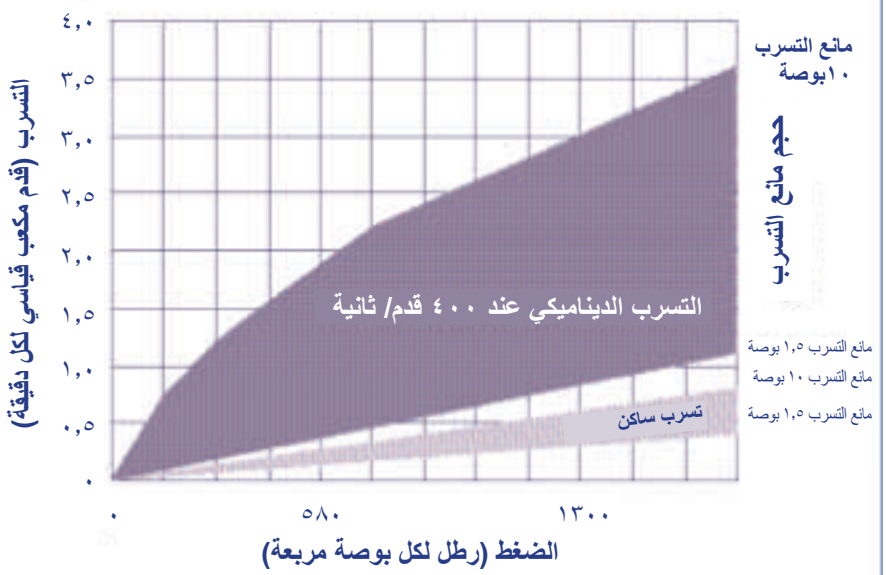
بعيدًا عن فوائض الغاز، تسفر موانع التسرب الجافة أيضا عن فوائض كبرى في التكاليف التشغيلية وتكاليف الصيانة مقارنة بموانع التسرب الرطبة. وتتراوح التكاليف التشغيلية وتكاليف الصيانة السنوية لموانع التسرب الجافة بين ٨٤٠٠ إلى ١٤٠٠٠ دولار في العام. وقد تصل تكاليف التشغيل والصيانة الخاصة بمانع التسرب الرطب إلى ١٤٠٠٠٠ دولار في العام. تم توثيق الحسابات التفصيلية للفروق في التكاليف التشغيلية وتكاليف الصيانة بين موانع التسرب الجافة والرطبة والرطبة جيدًا (انظر أبتيجروف وآخرين ١٩٨٧). يلخص الرسم التوضيحي ٤ هذه التقديرات للضاغط الذي يصل قطر عمود المحرك الخاص به إلى ٧,٥ بوصة والذي يعمل ٨٠٠٠ ساعة في العام.

تتضمن العوامل الخاصة بالموقع التي يتم استخدامها في الحسابات: (١) خسائر مقاومة مانع التسرب الرطب والجاف، (٢) مضخة زيت مانع التسرب والقدرة الحصانية لمروحة التبريد، (٣) القدرة الحصانية للضاغط، (٤) لاستهلاك زيت مانع التسرب و(٥) تكاليف الصيانة السنوية الطارئة والمحددة.

الخطوة ٣: قم بتحديد تكاليف التحويل إلى موانع التسرب الجافة. سوف تعتمد تكلفة نظام مانع التسرب الجاف على معدل ضغط الضاغط وحجم عمود المحرك وسرعة التدوير وعوامل التركيب الخاصة الأخرى. وعادة ما تتراوح تكاليف مانع التسرب بين ٦٧٥٠ إلى ٨١٠٠ دولار لكل بوصة من قطر عمود المحرك.

بالنسبة لموانع التسرب الرطبة ومن ١٠٨٠٠ دولار إلى ١٣٥٠٠ دولار لكل بوصة بالنسبة لموانع التسرب الجافة الترادفية: سوف تتضاعف هذه التكاليف بالنسبة للضواغط الشعاعية (التي تتضمن ما نعي تسرب).

الرسم التوضيحي ٣: الرسم البياني الخاص بأداء مانع التسرب الجاف



ملاحظة: هذا الرسم البياني الذي يستخدم كسوات سداداة صلبة في مقابل بعضها البعض هو للاستخدام المرجعي فقط. قد تختلف الخصائص المميزة للأداء وذلك استنادًا إلى نوع المعدات ونوع الخدمة.

المصدر: مؤسسة بي دبليو/آي بي، ش.ذ. م. م. BW/IP International, Inc. ومؤسسة سيل ديفيشين دوركو إنترناشيونال Seal Division. Durco International ومؤسسة بي دبليو/آي بي، ش.ذ. م. م. BW/IP International, Inc. والمعروفة الآن باسم شركة فلاوسيرف FLOWSERVE Corporation.

الرسم التوضيحي ٤: الفوائض السنوية في تكاليف التشغيل والصيانة لكل ضاغط [١]

١. خسائر الطاقة التي تم تخفيضها في مانع التسرب = ١٩٢٠٠ دولار.
٢. خسائر مضخة البترول/المروحة التي تم تخفيضها = ٥٦٠٠ دولار.
٣. الفعالية الزائدة في التدفق في خط الأنابيب = ٣٧٣٠٠ دولار.
٤. خسائر البترول التي تم تخفيضها = ٤٩٠٠ دولار.
٥. التخفيضات في تكاليف التشغيل والصيانة وزمن التعطل = ٢١٠٠٠ دولار.

إجمالي الفوائض = ٨٨٣٠٠ دولار

[١] إس أوه أبتيجروف وآخرون، عدل إلى تكاليف التشغيل والصيانة ٢٠٠٦.

الدروس المستفادة

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 كل ربع عام 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 يتم ضرب الناتج في التكاليف الملائمة المذكورة في الدروس المستفادة.

تشتمل التكاليف الأخرى على التكاليف الهندسية وتكاليف التركيب وتكاليف الأجهزة الملحقة. تتطلب موانع التسرب الجافة لوحة مراقبة الغاز ووحدة ترشيح وأجهزة تحكم وأدوات مراقبة بينما تتطلب موانع التسرب الرطبة مضخات بترول ومراوح تبريد ووحدة إزالة غاز وأجهزة تحكم. وبناء على الموقع ونوع الجهاز وعدد أجهزة التحكم وإتاحة المكونات، تتراوح التكاليف بين ٤٠٥٠٠ إلى ١٣٥٠٠٠ دولار لموانع التسرب الجافة وما يصل إلى ٢٧٠٠٠٠ دولار لموانع التسرب الرطبة. تعد هذه التكاليف الخاصة بالملحقات مطابقة لكل من الضواغط الفردية والمزدوجة.

الخطوة ٤: قم بمقارنة التكاليف مع الفوائض. سوف توضح مقارنة التكلفة البسيطة بين تحويل الضاغط إلى موانع التسرب الرطبة الحالية بمكونات جديدة الفوائض الرئيسية على مدار فترة خمس سنوات. يوضح الرسم التوضيحي (٥) مثالاً للضاغط الشعاعي ذا عمود محرك ٦ بوصات والذي يعمل على مدار ٨٠٠٠ ساعة في العام باستخدام التكاليف من الخطوات ٢ و٣.

في هذا المثال، تشتمل تكاليف التطبيق الخاصة بالتحويل إلى موانع التسرب الجافة تكلفة كل من موانع التسرب وتهيئة ومتابعة ولوحة مراقبة الغاز الجاف. بالنسبة لموانع التسرب الرطبة، تتم إعادة استخدام تدوير زيت مانع التسرب وإزالة الغاز وملحقات التبريد، وعليه يتم تحمل تكاليف استبدال مانع التسرب فقط.

الرسم التوضيحي ٥: مقارنة التكلفة الخاصة باستبدال مانع التسرب في الضاغط الإشعاعي ذا عمود المحرك ٦ بوصات

فئة التكلفة	مانع التسرب الجاف (دولار)	مانع التسرب الرطب (دولار)
تكاليف التطبيق [١]		
تكاليف مانع التسرب (٢ جاف بتكلفة ١٣٠٠٠ دولار عمود محرك- بوصة/اختبار/W)	١٦٢٠٠٠	
تكاليف مانع التسرب (٢ رطب بتكلفة ٦٧٥٠ دولار/عمود محرك- بوصة)		٨١٠٠٠
تكاليف أخرى (هندسية، تركيب معدات)	١٦٢٠٠٠	[٢].
إجمالي تكاليف التطبيق	٣٢٤٠٠٠	٨١٠٠٠
تكاليف التشغيل والصيانة السنوية [٣]	١٤١٠٠	١٢٤٠٠
معدلات انبعاث غاز الميثان السنوية [٤] (٧,٠٠ دولار/ألف قدم مكعب، ٨٠٠٠ ساعة/عام)		
٢ مانع سرب جاف بإجمالي ٦ أقدام مكعبة قياسية في الدقيقة	٢٠١٦٠	
٢ مانع تسرب رطب بإجمالي ٦٠٠ قدم مكعب قياسي في الدقيقة		٣٣٦٠٠٠
إجمالي التكاليف على مدار فترة ٥ سنوات (دولار)	٤٩٥٣٠٠	٢٢٧٣٠٠٠
إجمالي فوائض مانع التسرب الجاف		
على مدار فترة خمس سنوات (دولار)	١٧٧٧٧٠٠	
التخفيضات في معدلات انبعاث غاز الميثان (ألف قدم مكعب) (٤٥١٢٠ ألف قدم مكعب/عام)	٢٢٥٦٠٠	

[١] شركة فلوسيرف معدل إلى تكاليف المعدات عام ٢٠٠٦.
[٢] إعادة استخدام تدوير زيت مانع التسرب الحالي وإزالة الغاز وجهاز التحكم.
[٣] من الرسم التوضيحي (٤) باقتراض نفس تكلفة التشغيل والصيانة عند كون عمود المحرك ٧,٥ بوصة.
[٤] بناء عل معدلات الخروج النموذجية.

الفوائض المقدرة

من بين الطرق الأخرى التي يمكن الاستعانة بها لتوضيح المزايا الاقتصادية بهذه الممارسة استخدام جدول التدفق النقدي على مدار خمس سنوات. يهتم هذا التحليل بالتكاليف الرأسمالية وفوائض انبعاثات غاز الميثان وتكاليف التشغيل والصيانة ويحدد قيمة تعويضية لنظام مانع التسرب الرطب. إنه لمن الهام أيضا أن نلاحظ أن جميع التكاليف سوف تكون خاصة بالموقع لكن المزايا الاقتصادية لإصلاح مانع التسرب الجافة تعد جذابة جدًا بحيث يجب على الشركات وضعها في الاعتبار لاستبدال موانع التسرب الرطبة بغض النظر عن عمر استخدامها. يوضح الرسم التوضيحي (٦-أ) المزايا الاقتصادية لاستبدال نظام مانع التسرب الرطب الذي يعمل جيدا بنظام مانع تسرب جاف.

الرسم التوضيحي ٦أ: المزايا الاقتصادية لاستبدال نظام مانع التسرب الرطب الذي يعمل جيدا بنظام مانع تسرب جاف جديد

تركيب موانع التسرب في الضاغط الشعاعي الذي يصل عمود محركه إلى ٦ بوصات والذي يعمل ٨٠٠٠ ساعة في العام وتعمل موانع التسرب الرطبة به بشكل جيد.

التكاليف والفوائض (دولار)	العام صفر	العام ١	العام ٢	العام ٣	العام ٤	العام ٥
التكاليف الرأسمالية وتكاليف التركيب لمانع التسرب الجاف	(٣٢٤٠٠٠)					
الفوائض السنوية في الغاز الطبيعي [١]		٣١٥٨٤٠	٣١٥٨٤٠	٣١٥٨٤٠	٣١٥٨٤٠	٣١٥٨٤٠
تكاليف التشغيل والصيانة السنوية لمانع التسرب الجاف		(١٤١٠٠)	(١٤١٠٠)	(١٤١٠٠)	(١٤١٠٠)	(١٤١٠٠)
القيمة التعويضية لمانع التسرب الرطب	٢٠٠٠٠					
تكلفة التشغيل والصيانة المتجنبة لمانع التسرب الرطب		١٠٢٤٠٠	١٠٢٤٠٠	١٠٢٤٠٠	١٠٢٤٠٠	١٠٢٤٠٠
الإجماليات السنوية	**(٣٠٤٠٠٠)**	٤٠٤١٤٠	٤٠٤١٤٠	٤٠٤١٤٠	٤٠٤١٤٠	٤٠٤١٤٠
صافي القيمة الحالية = ١٢٢٨٠٠٩ دولار **معدل العائد الداخلي = ١٣١%** **فترة العائد(٣) = ١٠ أشهر**						

[١] تمثل الفوائض السنوية فرق خسارة الغاز الطبيعي بين موانع التسرب الجافة الجديدة وموانع التسرب الرطبة بمعدل ٧,٠٠ دولار/لكل ألف قدم مكعب.
[٢] صافي القيمة الحالية بناء على خصم ١٠% على مدار خمس سنوات.
[٣] تتراوح فترة العائد بين ١٢,٣ شهر بالنسبة لمعدلات تسرب ومانع التسرب الرطبة بين ٢٠٠ و٤٠ قدم مكعب قياسي في الدقيقة.

يوضح الرسم التوضيحي ٦ب المزايا الاقتصادية لاستبدال مانع التسرب الرطب القديم عندما يقترب عمر استخدامه من الانتهاء: تكون القيمة التعويضية صفر وتتزايد تكاليف التشغيل والصيانة السنوية لنظام مانع التسرب الرطب (في هذا المثال إلى ١٤٠٠٠٠ دولار في العام). يوضح هذين المثالين أن استبدال مانع التسرب الرطب لمانع تسرب جاف يمكن أن يكون فعالاً فيما يخص التكلفة بغض النظر عن عمر الاستخدام أو حالة نظام مانع التسرب الرطب.

الرسم التوضيحي ٦ب: المزايا الاقتصادية لاستبدال نظام مانع التسرب الرطب الذي انتهى عمر استخدامه بنظام مانع تسرب جاف جديد						
تركيب موانع تسرب الغاز في الضاغط الشعاعي الذي يصل عمود محركه إلى ٦ بوصات والذي يعمل ٨,٠٠٠ ساعة في العام والذي تحتاج موانع التسرب الرطبة الخاصة به إلى الاستبدال						
التكاليف والفوائض (دولار)	**العام صفر**	**العام ١**	**العام ٢**	**العام ٣**	**العام ٤**	**العام ٥**
التكاليف الرأسمالية وتكاليف التركيب لمانع التسرب الجاف	(٣٢٤٠٠٠)					
الفوائض السنوية في الغاز الطبيعي [١]		٣١٥٨٤٠	٣١٥٨٤٠	٣١٥٨٤٠	٣١٥٨٤٠	٣١٥٨٤٠
تكاليف التشغيل والصيانة السنوية لمانع التسرب الجاف		(١٤١٠٠)	(١٤١٠٠)	(١٤١٠٠)	(١٤١٠٠)	(١٤١٠٠)
القيمة التعويضية لمانع التسرب الرطب						٠
تكلفة التشغيل والصيانة المتجنبة لمانع التسرب الرطب		١٤٠٠٠٠	١٤٠٠٠٠	١٤٠٠٠٠	١٤٠٠٠٠	١٤٠٠٠٠
الإجماليات السنوية	**(٣٢٤٠٠٠)**	٤٤١٧٤٠	٤٤١٧٤٠	٤٤١٧٤٠	٤٤١٧٤٠	٤٤١٧٤٠
صافي القيمة الحالية = ١٣٥٠٥٤٢ دولار **معدل العائد الداخلي = ١٣٤%** **فترة العائد(٣) = ٩ أشهر**						
[١] تمثل الفوائض السنوية فرق خسارة الغاز الطبيعي بين موانع التسرب الجافة الجديدة وموانع التسرب الرطبة بمعدل ٧,٠٠ دولار/لكل ألف قدم مكعب. [٢] صافي القيمة الحالية بناء على خصم ١٠% على مدار خمس سنوات. [٣] تتراوح فترة العائد بين ١٢,٣ شهر بالنسبة لمعدلات تسرب ومانع التسرب الرطبة بين ٢٠٠ و٤٠ قدم مكعب قياسي في الدقيقة.						

عند تقييم الخيارات الخاصة باستبدال موانع التسرب الرطبة بأخرى جافة في ضواغط الطرد المركزي، يمكن أن يؤثر سعر الغاز الطبيعي على عملية اتخاذ القرار. يوضح الرسم التوضيحي (٧). تحليلاً اقتصاديًا للاستبدال المبكر لموانع التسرب الرطبة في ضاغط الطرد المركزي بموانع تسرب جافة بأسعار مختلفة للغاز الطبيعي.

الرسم التوضيحي ٧: تأثير سعر الغاز على التحليل الاقتصادي					
	٣ دولارات/ألف قدم مكعب	**٣ دولارات/ألف قدم مكعب**	**٣ دولارات/ألف قدم مكعب**	**٣ دولارات/ألف قدم مكعب**	**٣ دولارات/ألف قدم مكعب**
قيمة فائض الغاز	١٣٥٣٦٠ دولار	٢٢٥٦٠٠ دولار	٣١٥٨٤٠ دولار	٣٦٠٩٦٠ دولار	٤٥١٢٠٠ دولار
فترة العائد (الشهور)	١٧	١٢	١٠	٩	٧
معدل العائد الداخلي	%٦٨	%١٠٠	%١٣١	%١٤٦	%١٧٦
صافي القيمة الحالية (I = ١٠%)	٥٤٣٨٤٧ دولار	٨٨٥٩٢٨ دولار	١٢٢٨٠٠٩ دولار	١٣٩٩٠٤٩ دولار	١٧٤١١٢٩ دولار

الدروس المستفادة

الدروس المستفادة

يستطيع الشركاء تحقيق فوائض كبرى في التكلفة وتخفيضات في معدلات انبعاث الغاز عن طريق التحويل إلى تكنولوجيا مانع التسرب الجاف. يقدم الشركاء الدروس المستفادة التالية عند التغيير إلى موانع التسرب الجافة:

- ★ تعتبر موانع التسرب الجافة أكثر أمانًا في التشغيل من موانع التسرب الرطبة حيث أنها تعمل على تقليل الحاجة إلى نظام البترول ذا الضغط المرتفع.
- ★ من أجل جعل التحويل إلى موانع التسرب الجافة أكثر فعالية، قم بتحديد موعد التحويل في فترة التعطل الاعتيادية من أجل تجنب توقف العمليات.
- ★ عند تحديد مزايا استبدال مانع التسرب، يجب أن يضع الشركاء في اعتبارهم أن موانع التسرب الجافة التي يتم تركيبها وصيانتها بشكل جيد يمكن أن تستمر لفترة ضعف فترة موانع التسرب الرطبة.
- ★ إذا كان مانع التسرب الرطب يقترب من نهاية عمر استخدامه، سوف يكون تحليل التكاليف المباشر الذي يقارن بين تكاليف الأنظمة الجديدة لصالح مانع التسرب الجاف وحتى إذا كان عمر استخدام مانع التسرب الرطب الحالي لم ينتهي بعد، فإن الصفات التشغيلية لموانع التسرب الجافة سوف تقدم فوائض كبرى وتبرر الاستبدال المبكر.
- ★ نتيجة للمزايا الاقتصادية الواضحة لموانع التسرب الجافة، يجب تركيبها حال كون ذلك يمثل جدوى من الناحية الاقتصادية.
- ★ في الوقت الحالي، تتضمن ٩٠% من جميع الضواغط الجديدة أنظمة مانع تسرب جاف. يجب أن تكون موانع التسرب الجافة هي الخيار التكنولوجي لجميع الضواغط الجديدة.
- ★ بعد استبدال موانع التسرب الرطبة بموانع التسرب الجافة، قم بتسجيل تخفيضات الانبعاثات في التقارير السنوية كجزء من برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي.

المراجع

الجمعية الكندية لمنتجي البترول. *الخيارات المتاحة لتقليل انبعاثات الغاز والمركبات العضوية المتطايرة من عمليات النفط والغاز أعلى النهر*، ديسمبر/كانون أول ١٩٩٩.

الاتصال الشخصي: هندرسون، كارولين الولايات المتحدة، برنامج ستار (STAR) للغاز الطبيعي لهيئة الحماية البيئية (EPA).

هيج، آر سي وآر إيه بيرسون. *مانع التسرب الجاف الآلي الذي يتم تركيبه في ضواغط الطرد المركزي في خط الأنابيب (الغاز الطبيعي)*. الجمعية الأمريكية للهندسة الميكانيكية. مؤتمر ومعرض التوربين الغازي. يونيو/حزيران ١٩٨٤.

كينيدي جيه إل. *أساسيات خط النفط والغاز*، الطبعة الثانية، كتيب بينويل ١٩٩٣.

الاتصال الشخصي: كلوسيك، مارتي شركة فلوسيرف، بريدج بورت، نيوجيرسي.

رونسكي إن، داريل، هاريس، تي إيه، كونكرجود، سي بيتي وديفيس، *نظاما فعالا لمنع تسرب الغازات السامة في ضواغط الطرد المركزي*. الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين. مؤتمر ومعرض التوربين الغازي، يونيو/حزيران ١٩٨٧

الاتصال الشخصي: سيرز، جون

الاتصال الشخصي، جون ستاهلي، شركة دريسر راند. أوليان، نيويورك.

الاتصال الشخصي: ينجلي، كيفين، الولايات المتحدة، برنامج ستار (Star) للغاز الطبيعي.

أبتيجروف، إس أوه، هاريس تي إيه، وهولزتتر، دي أوه، *التبرير الاقتصادي للتحملات المغناطيسية وموانع التسرب الآلية الجافة لضواغط الطرد المركزي*. الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين، مؤتمر ومعرض التوربين الغازي، يونيو/حزيران ١٩٨٧.

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