CONCEPT

خطوط أنابيب الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون: تقصف الفولاذ والنقل في الطور الكثيف وتحويل خطوط الغاز القائمة

27 سبتمبر – 1 أكتوبر 2027

برشلونة - فندق أربع نجوم في حي إيكسامبلا



خطوط أنابيب الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون: تقصف الفولاذ والنقل في الطور الكثيف وتحويل خطوط الغاز القائمة

المرجع: 19553_755 **التاريخ:** 27 سبتمبر – 1 أكتوبر 2027 **المكان:** برشلونة - فندق أربع نجوم في حي إيكسامبلا **الرسوم:** SAR 23500

مقدمة:

تتعرض خطوط أنابيب الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون لأنماط فشل لا تعرفها خطوط الغاز الطبيعي: فالهيدروجين المنتشر في المعدن يخفض متانة الكسر في أنابيب الرتب العالية ولحاماتها المحيطية، بينما يسبب ثاني أكسيد الكربون في الطور الكثيف إذا حمل ماء حرا أو H2S أو SO2 تآكل الفولاذ الكربوني، وقد يدفع كسرا مطيليا جاريا عند التمزق. وكثيرا ما يفتقر المشغلون الذين يحولون خطوط غاز قائمة إلى بيانات اختبار تثبت ضبط هذين الخطرين. تمنح هذه الدورة من كور كونسبت مهندسي خطوط الأنابيب طرق تأهيل المواد وتحديد حدود التركيب وفحص إيقاف الشقوق وتخطيط التحويل، ويعد المشاركون دراسة جدوى لإعادة الاستخدام وأساس تصميم لخط دراسي.

أهداف الدورة:

- تحديد خواص الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون وأغلفة الطور وسلوك الجريان اللازمة لتصميم خط مخصص أو محول وتشغيله
- اختيار رتب أنابيب الخطوط وإجراءات اللحام وحدود الصلادة لخدمة الهيدروجين باستخدام عوامل أداء المواد في B31.12 ASME وبيانات اختبارات ميكانيكا الكسر
- وضع مواصفة تركيب ثاني أكسيد الكربون في الطور الكثيف وحد الماء الحر وتقدير أثرها في التآكل وحد الطور وحمل الضواغط
- حساب متانة إيقاف الشقوق لخط ثاني أكسيد الكربون أو الهيدروجين بطريقة المنحنيين من Battelle واختيار موقفات الشقوق عند قصور المتانة
- تحليل تفريغ الضغط عند التمزق وانتشار سحب ثاني أكسيد الكربون الكثيفة ونفاثات لهب الهيدروجين لتحديد المسار وتباعد الصمامات ومتطلبات كشف التسرب
- إعداد دراسة جدوى لإعادة الاستخدام وأساس تصميم يوثق مراجعة السجلات واختبار المواد وقبول العيوب وعمر الكلال وأقصى ضغط تشغيل

الفئة المستهدفة:

- مهندسو تصميم خطوط الأنابيب المسؤولون عن سماكة الجدار وتصنيف الضغط وتباعد الصمامات في خطوط النقل الجديدة أو المحولة
- مهندسو السلامة الإنشائية والفحص المسؤولون عن تقييم العيوب وتفسير نتائج الفحص الداخلي وقرارات الصلاحية للخدمة
- مهندسو المواد واللحام والتآكل المسؤولون عن تأهيل أنابيب الخطوط واعتماد إجراءات اللحام وضبط التآكل الداخلي
- مهندسو ضمان الجريان والعمليات المسؤولون عن مواصفة المائع والضغط وحدود التشغيل العابر
- مهندسو تشغيل الخطوط والسلامة الفنية المسؤولون عن كشف التسرب وتفريغ الضغط الطارئ ودراسات العواقب

محاور الدورة:

اليوم 1: الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون كموائع في خطوط الأنابيب: الخواص وسلوك الجريان

- كثافة الهيدروجين ومعامل الانضغاطية وتدفق الطاقة مقارنة بالميثان عند فقد ضغط متساو
- مخطط أطوار ثاني أكسيد الكربون: النقطة الثلاثية والنقطة الحرجة ونافذة التشغيل في الطور الكثيف
- اختيار معادلة الحالة لخلائط الهيدروجين ومزائج ثاني أكسيد الكربون غير النقي
- مزج الهيدروجين في خطوط الغاز الطبيعي: حدود نسبة المزج وتغير مؤشر Wobbe وتحمل المستخدم النهائي
- مراجعة خط الأساس للخط المحول: سجلات الأنابيب والرتبة ونوع اللحام الطولي وتاريخ ضغط التشغيل

اليوم 2: أكواد التصميم وتأهيل المواد ومواصفات التركيب

- جزء خطوط الأنابيب في ASME B31.12 لأنابيب الهيدروجين: خيار التصميم الإرشادي وخيار التصميم المبني على الأداء
- عوامل أداء المواد وحدود الصلادة وملاءمة رتب API 5L لخدمة الهيدروجين
- آليات تقصف الهيدروجين: HELP وHEDE وتسارع نمو شقوق الكلال
- اختبارات متانة الكسر والقابلية للتقصف في الهيدروجين الغازي: ASTM F1459 وG142 وF1624
- نطاق DNV-RP-F104 لخطوط ثاني أكسيد الكربون: تركيب التيار وحدود الماء الحر وتفاعل الشوائب

اليوم 3: حسابات التصميم الهيدروليكي والضغط والتحكم في الكسر

- هيدروليكا ثاني أكسيد الكربون في الطور الكثيف: منحنى الضغط وهامش الضغط الأدنى وتباعد محطات التعزيز
- اختيار ضواغط الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون: الترددية مقابل الطاردة المركزية والتجفيف بين المراحل
- الكسر المطيلي الجاري: سرعة موجة تخفيف الضغط مقابل سرعة انتشار الكسر
- طريقة المنحنيين من Battelle: طاقة شاربي المطلوبة لإيقاف الشق
- تصميم موقفات الشقوق الميكانيكية والمركبة وتحديد تباعدها

اليوم 4: المخاطر وكشف التسرب وإدارة سلامة الخطوط للمائعين

- تفريغ الضغط عند التمزق والتبريد وفق جول طومسون وتكون الجليد الجاف عند نقاط الإطلاق
- نمذجة انتشار سحابة ثاني أكسيد الكربون الكثيفة وعواقب نفاثات لهب الهيدروجين لتحديد المسار وتباعد الصمامات
- كشف تسرب الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون: حدود موازنة الكتلة والاستشعار الصوتي والألياف البصرية
- خطة إدارة سلامة الخط: كلال دورات الضغط والبقع الصلدة ورصد التآكل الداخلي
- ملاءمة أدوات الفحص الداخلي وتعديل معايير قبول العيوب لخدمة الهيدروجين

اليوم 5: بناء دراسة جدوى إعادة استخدام خط دراسي وأساس تصميمه

- حزمة بيانات الخط الدراسي: رتب الأنابيب وسجلات اللحامات المحيطية ونتائج الفحص والخدمة المستهدفة
- نموذج الفرز للجدوى: أقصى ضغط تشغيل وخفض التصنيف وحساب عمر الكلال
- ورقة عمل التحكم في الكسر وإيقاف الشقوق للخط الدراسي
- صياغة وثيقة أساس التصميم: مواصفة المائع ومسار الكود وبرنامج سلامة الخط
- عرض دراسة إعادة الاستخدام أمام لجنة مراجعة السلطة الفنية

المهارات التي ستكتسبها:

- تأهيل المواد لخدمة الهيدروجين
- تحديد مواصفة ثاني أكسيد الكربون الكثيف
- حساب إيقاف الشقوق
- تحليل موجة تخفيف الضغط
- تقييم عواقب الإطلاق
- فرز جدوى تحويل الخطوط
- تقدير عمر الكلال في الهيدروجين
- إعداد وثيقة أساس التصميم

لماذا تحضر هذه الدورة:

- العودة بدراسة جدوى لإعادة الاستخدام وأساس تصميم لخط دراسي راجعتهما لجنة سلطة فنية
- إقناع مالكي الأصول ببيانات اختبار وحسابات حول قدرة خط غاز قائم على نقل الهيدروجين أو خليط منه أو ثاني أكسيد الكربون
- مناقشة ادعاءات الموردين والمقاولين حول توافق أنابيب الخطوط وموقفات الشقوق وحساسية كشف التسرب
- مقارنة تجارب التحويل والإنشاء الجديد مع مهندسين من مشغلي خطوط النقل والتكرير والكهرباء وتخزين الكربون

الخاتمة:

يعتمد النقل الآمن للهيدروجين وثاني أكسيد الكربون على معالجة سلوك المائع واستجابة المادة والتحكم في الكسر بوصفها مسألة تصميم واحدة، لا على نقل افتراضات الغاز الطبيعي كما هي. تنتقل الدورة من خواص المائعين وسلوك الأطوار والمزج، إلى متطلبات المواد والتركيب في ASME B31.12 وDNV-RP-F104، ثم إلى حسابات الهيدروليكا والضغط وإيقاف الشقوق، وصولا إلى مخاطر الإطلاق وكشف التسرب وإدارة سلامة الخطوط. ويبني اليوم الأخير دراسة جدوى لإعادة الاستخدام وأساس تصميم لخط دراسي جاهزين لمراجعة السلطة الفنية.