CONCEPT

# المبادلات الحرارية: التصميم والتشغيل ومكافحة الترسبات والصيانة

31 مايو – 4 يونيو 2027

برشلونة - فندق أربع نجوم في حي إيكسامبلا



# المبادلات الحرارية: التصميم والتشغيل ومكافحة الترسبات والصيانة

**المرجع:** 10434_170 **التاريخ:** 31 مايو – 4 يونيو 2027 **المكان:** برشلونة - فندق أربع نجوم في حي إيكسامبلا **الرسوم:** SAR 23500

## مقدمة:

تفقد المبادلات الحرارية قدرتها بصمت: تتراكم الترسبات، وتهتز الأنابيب أو يرق جدارها، وتتسرب الحزم، فتعمل الوحدات دون هدفها قبل أن يجدول أحد التنظيف أو الفحص بوقت طويل. تمنح هذه الدورة من كور كونسبت مهندسي العمليات والميكانيكا والصيانة طريقة عملية لتقييم أداء المبادلات ذات الغلاف والأنابيب واللوحية والمبردة بالهواء ومزدوجة الأنابيب، والتحقق من هبوط الضغط، وتتبع مقاومة الترسبات، واختيار طرق التنظيف، وتشخيص الاهتزاز وأعطال الأنابيب، وتخطيط فحص التيارات الدوامية والاختبار الهيدروستاتيكي. ويعد المشاركون ملف حالة وأداء المبادلات الحرارية لمبادلات من مصانعهم.

## أهداف الدورة:

- تمييز تركيب المبادل ذي الغلاف والأنابيب باستخدام تسميات TEMA، وهي معايير رابطة مصنعي المبادلات الأنبوبية، ومقارنته بالمبادلات اللوحية واللوحية ذات الزعانف والمبردة بالهواء ومزدوجة الأنابيب لخدمة محددة
- تقييم الأداء الحراري لمبادل قائم بطريقتي LMTD وeffectiveness-NTU والتحقق من هبوط الضغط في جانبي الغلاف والأنابيب مقابل الحدود المسموح بها
- حساب مقاومة الترسبات من بيانات المصنع وتتبع معامل انتقال الحرارة الكلي لتحديد الوقت الذي يصبح فيه التنظيف مجديا
- اختيار طريقة التنظيف الكيميائي أو بالنفث المائي أو بالمقذوفات أو بسحب الحزمة وتخطيط العمل للحد من فترة التوقف وتلف الأنابيب
- تشخيص الاهتزاز الناتج عن التدفق وتسرب الأنابيب وأعطال التآكل والتعرية واقتراح تصحيحات في التصميم أو التشغيل
- تخطيط فحوص التيارات الدوامية والمجال البعيد والاختبار الهيدروستاتيكي وتفسير نتائجها لاتخاذ قرارات السد أو إعادة التأنيب أو الاستبدال

## الفئة المستهدفة:

- مهندسو العمليات الذين يراقبون حمل المبادلات وفروق درجات الاقتراب ومدة التشغيل في الوحدات العاملة
- مهندسو الميكانيكا والمعدات الثابتة الذين يراجعون صحائف بيانات المبادلات وتعديلات الحزم وإصلاحاتها
- مهندسو الصيانة ومشرفوها الذين يخططون سحب الحزم وحملات التنظيف وأعمال إعادة التأنيب
- مهندسو الفحص وسلامة الأصول الذين يجدولون فحص الأنابيب ويقدرون السماكة المتبقية لجدرانها
- مهندسو الخدمات الفنية الذين يتحرون ضعف أداء المبادلات ويقترحون الحلول
- مهندسو الاعتمادية الذين يحللون الأعطال المتكررة للمبادلات وتكرار التنظيف

## محاور الدورة:

### اليوم 1: انتقال الحرارة في المبادلات وأنواع المعدات

- التوصيل والحمل ومعاملات الغشاء في خدمة المبادلات
- بناء معامل انتقال الحرارة الكلي U من مقاومات الغشاء والجدار والترسبات
- ترتيبات التدفق المعاكس والمتوازي ومتعدد المسارات مع منحنيات درجات الحرارة
- تركيب المبادلات اللوحية واللوحية ذات الزعانف ومزدوجة الأنابيب وحدود حملها
- المبادلات المبردة بالهواء: حزم الأنابيب ذات الزعانف والمراوح والسحب القسري مقابل المستحث

### اليوم 2: تركيب المبادل ذي الغلاف والأنابيب وتسميات TEMA

- تسميات TEMA لأنواع الرأس الأمامي والغلاف والرأس الخلفي
- حزم اللوح الأنبوبي الثابت والأنابيب على شكل U والرأس العائم وموازنة قابلية السحب
- الحواجز القطاعية وتوزيع خطوة الأنابيب وترتيب فواصل مسارات الأنابيب
- اختيار مواد الأنابيب والغلاف: الفولاذ الكربوني والمقاوم للصدأ وسبائك النحاس والتيتانيوم وسبائك النيكل
- سيناريوهات تمزق الأنابيب والحماية بصمامات التنفيس أو أقراص التمزق

### اليوم 3: التقييم الحراري والتحقق الهيدروليكي

- التقييم بطريقة LMTD مع معامل التصحيح للمبادلات متعددة المسارات
- التقييم بطريقة effectiveness-NTU عند عدم معرفة درجات حرارة الخروج
- تيارات التدفق في جانب الغلاف: التدفق العرضي والتجاوز والتسرب وأثرها في الحمل
- التحقق من هبوط الضغط في جانبي الأنابيب والغلاف مقابل القيم المسموح بها
- بناء جدول التقييم: الحمل التصميمي مقابل الفعلي والمساحة الفائضة

## اليوم 4: الترسبات والتنظيف والاهتزاز وأعطال الأنابيب

- آليات الترسب الست: القشور والجسيمات والتآكل والتفاعل الكيميائي والتصلب والترسب الحيوي
- مراقبة مقاومة الترسبات واقتصاديات فترات التنظيف
- طرق التنظيف: التدوير الكيميائي والنفث المائي والمقذوفات وفك حزمة الألواح
- الاهتزاز الناتج عن التدفق: انفصال الدوامات وعدم الاستقرار المائع المرن وتلف الحواجز
- أنماط أعطال الأنابيب: التنقر والتعرية عند المداخل وتسرب وصلة الأنبوب باللوح الأنبوبي والإجهاد الحراري

## اليوم 5: الفحص والاختبار ودراسات حالة تحري الأعطال

- فحص أنابيب المبادلات بالتيارات الدوامية التقليدية وبالمجال البعيد
- الاختبار الهيدروستاتيكي لجانبي الغلاف والأنابيب بعد الإصلاح أو إعادة التأنيب
- مصفوفة قرار حدود سد الأنابيب وإعادة التأنيب واستبدال الحزمة
- دراسة حالة: ضعف أداء مبادلات التسخين المسبق للخام ومبردات مياه التبريد والمبردات الهوائية
- إعداد ملف حالة وأداء المبادلات الحرارية ومراجعته مع الزملاء

## المهارات التي ستكتسبها:

- التقييم الحراري للمبادلات
- التحقق من هبوط الضغط
- تتبع مقاومة الترسبات
- اختيار طريقة التنظيف
- تشخيص أعطال الاهتزاز
- تفسير نتائج فحص الأنابيب
- تخطيط إصلاح الحزم
- تحري أعطال المبادلات

## لماذا تحضر هذه الدورة:

- العودة بملف حالة وأداء المبادلات الحرارية يضم التقييم واتجاه الترسبات ونتائج الفحص لمبادلات من وحدتك
- تبرير مواعيد التنظيف وسحب الحزم أمام فرق التشغيل والتخطيط بأرقام كلفة الترسبات بدلا من فترات زمنية ثابتة
- إيقاف تكرار تسرب الأنابيب بربطه بأسبابه في الاهتزاز أو السرعة أو المادة أو الوصلة بدلا من سد الأنابيب في كل توقف
- مقارنة ممارسات المبادلات مع زملاء العمليات والميكانيكا والصيانة من قطاعات التكرير والبتروكيماويات والطاقة ومعالجة الغاز والمرافق

## الخاتمة:

المبادل الذي يقيم أداؤه وتتبع اتجاهاته ويفحص بطريقة واضحة نادرا ما يفاجئ أصحابه. تنتقل الدورة من انتقال الحرارة وأنواع المبادلات إلى تركيب المبادل ذي الغلاف والأنابيب وتسميات TEMA، ثم إلى التقييم بطريقتي LMTD وeffectiveness-NTU مع التحقق من هبوط الضغط، فالترسبات والتنظيف والاهتزاز وأعطال الأنابيب، وتختتم بفحص التيارات الدوامية والاختبار الهيدروستاتيكي ودراسات تحري الأعطال. ويغادر المشاركون بملف حالة وأداء المبادلات الحرارية جاهز لمراجعة الوحدة أو فترة التوقف القادمة.