CONCEPT

# دورة تشغيل مصانع الأسمنت: تصميم الخلطة الخام وحرق الكلنكر في الفرن الدوار وتبريده وطحن الأسمنت

4 – 15 يوليو 2027

الرياض - فندق خمس نجوم في حي كافد



# دورة تشغيل مصانع الأسمنت: تصميم الخلطة الخام وحرق الكلنكر في الفرن الدوار وتبريده وطحن الأسمنت

**المرجع:** 1349_22835 **التاريخ:** 4 – 15 يوليو 2027 **المكان:** الرياض - فندق خمس نجوم في حي كافد **الرسوم:** SAR 35100

## مقدمة:

دورة تشغيل مصانع الأسمنت دورة تدريبية متقدمة مدتها أسبوعين لفرق هندسة العمليات والإنتاج والجودة والصيانة في مصانع الأسمنت، تتناول تصميم الخلطة الخام وحرق الكلنكر في الفرن الدوار وتبريده وطحن الأسمنت، وتنتهي بإعداد تدقيق أداء خط الفرن وخطة تحسينه لمصنع محل الدراسة. تخسر المصانع جزءا من إنتاج الكلنكر وهامشها حين تتذبذب كيمياء تغذية الفرن، وتنسد سيكلونات المسخن المسبق، وتفرض الحلقات والبقع الحمراء إيقاف الفرن، فيرتفع استهلاك الحرارة والكهرباء لكل طن. يشغل المرشحون أقسام الأفران والطواحين أو يدعمونها فعلا، وتعتمد الدورة جولات تفقد ميدانية مبنية على بيانات خطوط حقيقية. وتقدم كور كونسبت هذه الدورة في تشغيل مصانع الأسمنت.

## أهداف الدورة:

- تصميم الخلطة الخام وتصحيحها وفق أهداف معامل تشبع الجير ومعامل السيليكا ومعامل الألومينا ونتائج قابلية الحرق
- تشخيص سلوك المسخن المسبق والمكلس المسبق ومنطقة الحرق من تحليل الغازات ومنحنيات الضغط وأطوار الكلنكر
- معالجة حلقات الفرن وعدم ثبات الطلاء والبقع الحمراء وتكرار إيقاف الفرن بإجراءات تشغيل موثقة
- تحسين استرجاع الحرارة في المبرد الشبكي ونسب إحلال الوقود وضبط الحراق لخفض الاستهلاك النوعي للحرارة لكل طن كلنكر
- ضبط دوائر الطاحونة الكروية والطاحونة العمودية وجودة الأسمنت المخلوط وفق أنواع الأسمنت في EN 197-1 وC150g ASTM
- تدقيق خط الفرن مقابل مؤشرات الحرارة والكهرباء ومعامل التشغيل والانبعاثات وترتيب مشاريع التحسين

## الفئة المستهدفة:

- فرق هندسة العمليات المسؤولة عن ثبات خط الفرن والموازنة الحرارية وضبط الخلطة الخام
- فرق الإنتاج التي تشغل طواحين الخام والأفران والمبردات وطواحين الأسمنت في الورديات
- فرق ضبط الجودة والمختبرات المسؤولة عن كيمياء الخام والكلنكر والأسمنت واختباراتها
- فرق الصيانة الميكانيكية والكهربائية التي تدعم موثوقية الفرن والمبرد والطواحين
- فرق الخدمات الفنية والطاقة التي تتابع مؤشرات أداء المصنع وتقود مشاريع التحسين

## محاور الدورة:

### اليوم 1: سلسلة صناعة الأسمنت والمحاجر وخط الأساس للمواد الخام

- مخطط عملية الطريقة الجافة من المحجر حتى شحن الأسمنت
- توصيف الحجر الجيري والطين والطفل والمواد التصحيحية
- خلط واجهات المحجر وضبط الرتبة في الحفر والتفجير
- اختيار الكسارات وطرق تكديس أكوام التجانس المسبق
- الموازنة الكتلية للمصنع من المواد الخام حتى معامل الكلنكر

### اليوم 2: تصميم الخلطة الخام والمعاملات الكيميائية وطحن الخام

- أهداف معامل تشبع الجير والتنبؤ بالجير الحر
- أثر معامل السيليكا ومعامل الألومينا في قابلية الحرق
- جدول حساب نسب الخلطة الخام بحل أربعة مكونات
- التجفيف وضبط الفاصل في طاحونة الخام العمودية ذات البكرات
- أهداف نعومة الخام والمتبقي على المنخل واختبار قابلية الحرق

### اليوم 3: التجانس وسيكلونات المسخن المسبق وأنظمة المكلس المسبق

- معامل التجانس في صوامع الخلط وتذبذب تغذية الفرن
- محلل الحزام المستمر وحلقات التحكم في الخلطة الخام
- درجات حرارة مراحل المسخن المسبق وضغوطها وكفاءة الفصل
- توزيع الوقود في المكلس المسبق والهواء الثالثي ودرجة التكليس
- أسباب انسداد السيكلونات واستراتيجية التنظيف بمدافع الهواء

### اليوم 4: كيمياء الكلنكر ومعادنه والتحكم في منطقة الحرق

- تسلسل درجات حرارة تكون الأليت والبيليت وC3A وC4AF
- حساب Bogue للتركيب الطوري المحتمل للكلنكر
- الفحص المجهري للكلنكر لتشخيص تاريخ الحرق والتبريد
- دورات الكبريت والقلويات والكلوريد المتطايرة واستخدام التحويل الجانبي
- مؤشرات الأكسجين وأول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين عند مدخل الفرن

## اليوم 5: دراسة حالة موجهة حول ثبات تغذية الفرن وجودة الكلنكر

- حزمة بيانات خط فرن الحالة واتجاهات كيمياء التغذية
- مقترح تصحيح الخلطة الخام بالمعاملات ونتائج قابلية الحرق
- مراجعة منحنى ضغوط المسخن المسبق وترتيب مخاطر الانسداد
- شجرة الأسباب الجذرية لانحراف الجير الحر ووزن اللتر
- عرض نتائج الأسبوع الأول حول ثبات تغذية الفرن

## اليوم 6: معالجة أعطال الفرن وإيقافه وتبريد الكلنكر

- آليات تكون الحلقات وكتل رجل الثلج والكرات وإزالتها
- ضبط ثبات الطلاء باستخدام منحنيات ماسح حرارة الغلاف
- إجراء الاستجابة للبقع الحمراء واستخدام مراوح تبريد الغلاف
- تسلسل إيقاف الفرن وإعادة تشغيله وحدود التسخين
- توزيع الهواء في المبرد الشبكي وعمق الطبقة واسترجاع الهواء الثانوي

## اليوم 7: الفحم والوقود البديل وإدارة الحراق واسترجاع الحرارة

- تخميل طاحونة الفحم وأهداف النعومة وضبط مخاطر الحريق
- أثر خلط فحم الكوك البترولي والفحم في اللهب والكبريت
- تخطيط نسب الإحلال بالوقود المشتق من النفايات والإطارات والكتلة الحيوية
- زخم الحراق متعدد القنوات والدوامة وضبط شكل اللهب
- توليد الكهرباء باسترجاع الحرارة المهدرة من غازات المسخن والمبرد

## اليوم 8: دوائر طحن الأسمنت والأسمنت المخلوط وضبط الجودة

- تدرج كرات حجرات الطاحونة الكروية وفحص الحواجز
- ضبط طبقة الطحن والاهتزاز في طاحونة الأسمنت العمودية
- منحنى Tromp للفاصل عالي الكفاءة ودرجة حرارة مخرج الطاحونة
- أنواع الأسمنت ومكونات الأسمنت المخلوط وفق EN 197-1 وASTM C150
- نعومة Blaine وتحليل XRF ومخططات ضبط المقاومة

## اليوم 9: الطاقة والانبعاثات وواجهات الصيانة ومؤشرات أداء المصنع

- الموازنة الحرارية للفرن والاستهلاك النوعي للطاقة الحرارية لكل طن
- الاستهلاك النوعي للكهرباء لكل قسم من الكسارة حتى التعبئة
- رصد الغبار وأكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت في مدخنة الفرن
- مدة حملة الحراريات وواجهات المحاذاة الميكانيكية للفرن
- معامل تشغيل الفرن ومعامل الكلنكر ولوحة المقارنة المرجعية

## اليوم 10: جولة تفقد ميدانية وتدقيق أداء خط الفرن

- جولة على خط الفرن وفق قائمة تدقيق العمليات والميكانيكا
- تحليل فجوات الحرارة والكهرباء في مصنع الحالة مقارنة بالمراجع
- شجرة خسائر جودة الكلنكر وسجل إيقافات الفرن
- ترتيب مشاريع التحسين حسب الوفورات وجهد التنفيذ
- استكمال تدقيق أداء خط الفرن وخطة تحسينه

## المهارات التي ستكتسبها:

- حساب نسب الخلطة الخام
- تشخيص المسخن المسبق والمكلس المسبق
- تفسير أطوار الكلنكر
- الاستجابة لاضطرابات الفرن
- تحسين مبرد الكلنكر
- إحلال الوقود البديل
- ضبط دوائر الطحن
- الموازنة الحرارية لمصنع الأسمنت

## لماذا تحضر هذه الدورة:

- تسليم تدقيق أداء خط الفرن وخطة تحسينه لمصنع محل الدراسة إلى مدير المصنع والمدير الفني لاعتمادهما
- اتخاذ قرارات تصحيح الخلطة الخام وضبط الحراق والمبرد ونسب إحلال الوقود استنادا إلى المعاملات وتحليل الغازات والموازنة الحرارية
- تجنب الإيقافات غير المخططة للفرن والكلنكر غير المطابق والزيادة في استهلاك الحرارة والكهرباء لكل طن التي تقلص هامش المصنع
- نقل جداول الخلطة الخام وأوراق الاستجابة لاضطرابات الفرن ونماذج الموازنة الحرارية ولوحات المؤشرات إلى فرق العمليات والإنتاج

## الخاتمة:

بعد العودة إلى العمل يسلم المشارك مدير المصنع والمدير الفني تدقيقا لأداء خط الفرن وخطة لتحسينه، تحدد فجوات الحرارة والكهرباء والأسباب الرئيسية لإيقافات الفرن وانحرافات الجودة، وقائمة مرتبة بمشاريع التحسين. وتعتمد عليها الإدارة في إقرار تعديلات العملية وخطوات إحلال الوقود وموازنات الصيانة، بينما تستخدم فرق الورديات أوراق الاستجابة فيها عند الاضطرابات. وبعد الربع الأول من التشغيل وفق الخطة تراجع الوحدة معامل تشغيل الفرن والاستهلاك النوعي للحرارة ومعامل الكلنكر واتجاهات مقاومة الأسمنت.

## الأسئلة الشائعة:

### ما الذي يحتاج المشارك إلى معرفته قبل دورة تشغيل مصانع الأسمنت وحرق الكلنكر وطحن الأسمنت؟

يكفي أن يعمل المشارك في هندسة العمليات أو الإنتاج أو الجودة أو الصيانة في مصنع أسمنت، وأن يقرأ اتجاهات نظام التحكم الموزع ونتائج المختبر. ويساعد إحضار بيانات حديثة عن كيمياء تغذية الفرن واستهلاك الحرارة وسجل الإيقافات على تطبيق الجولات والتدقيق على خطه.

### بم تختلف دورة تشغيل مصانع الأسمنت عن دورات صيانة الحراريات أو تقنية الخرسانة؟

تتبع الدورة سلسلة صناعة الأسمنت كاملة، من تصميم الخلطة الخام وحرق الكلنكر إلى التبريد والوقود وطحن الأسمنت، وتحسنها خطا واحدا. أما دورات الحراريات فتتناول تركيب البطانات وإصلاحها، ودورات الخرسانة فتتناول تصميم خلطات الخرسانة وصبها في المواقع.

## لماذا يعتمد تشغيل مصانع الأسمنت على معامل تشبع الجير ومعاملي السيليكا والألومينا؟

تحدد هذه المعاملات سهولة حرق الخام وكمية الطور السائل ونسبة الأليت في الكلنكر. وثباتها يبقي الجير الحر والطلاء واستهلاك الحرارة تحت السيطرة، ويجنب تكون الحلقات وغبار الفرن وضعف مقاومة الأسمنت.

## ماذا يعود به المشارك من دورة تشغيل مصانع الأسمنت؟

يعود المشارك بتدقيق أداء خط الفرن وخطة تحسينه لمصنع محل الدراسة، تضم جدول الخلطة الخام ومراجعة منحنى ضغوط المسخن المسبق وأوراق الاستجابة لاضطرابات الفرن وموازنة الحرارة والكهرباء ولوحة مؤشرات مرجعية يمكن تكييفها مع خطه.