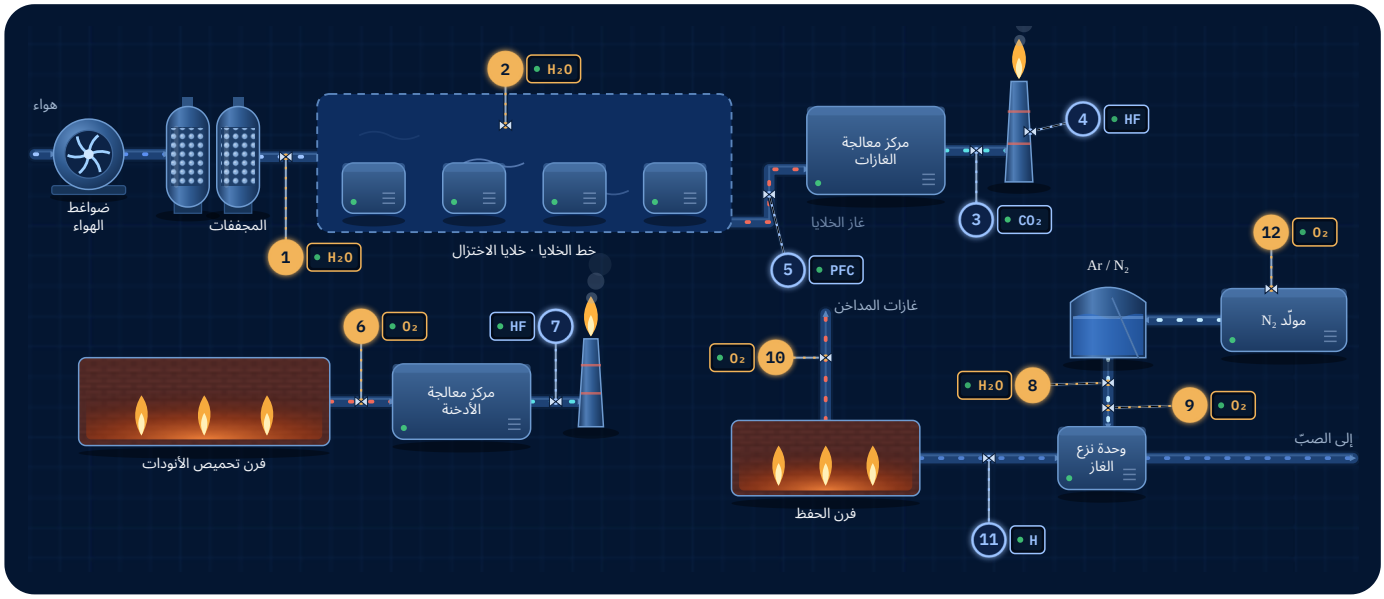
مصاهر الألومنيوم: أين تُقاس الرطوبة و O_2 و CO_2

تابع الهواء والغاز والمعدن من محطة الضواغط وخط الخلايا إلى مركز معالجة الغازات وفرن تحميص الأنودات وبيت الصبّ. تعرض كل نقطة مرقّمة ما يُقاس، والقيمة النموذجية، وسبب أهميته، والمحلل المناسب.



● جهاز YORK ○ نظام متكامل (يُورَّد عبر YORK)

كيف تعمل العملية

تضم دول الخليج بعضاً من أكبر مصاهر الألومنيوم الأولي في العالم. ولا يتعلق قياس الغاز فيها بالتحليل الكهربائي نفسه بقدر ما يتعلق بالأنظمة المحيطة به: هواء مضغوط جاف لخط الخلايا، وموازنة الفلوريد والكربون في مركز معالجة الغازات، والاحتراق في أفران التحميص والحفظ، وغاز نزع غاز جاف ونظيف في بيت الصبّ.

1. **الهواء المضغوط.** تغذي الضواغط والمجففات مغذّيات النقاط وكاسرات القشرة ونقل الألومينا. يُبقي الهواء الجاف الرطوبة خارج الخلايا ويحافظ على عمل الصمامات.
2. **خط الخلايا.** تُختزل الألومينا في الخلايا. ويتفاعل الهيدروجين القادم من رطوبة الألومينا والهواء مع الحمام فيتكوّن HF.
3. **مركز معالجة الغازات.** يُغسل غاز الخلايا، المخفف بالهواء نحو مئة مرة، بالألومينا الطازجة ويُرشَّح. وتُفحص المدخنة لقياس HF والغبار و SO_2 ومركبات PFC.
4. **مصنع الكربون وتحميص الأنودات.** تُحمَّص الأنودات الخضراء في فرن حلقي؛ تحترق أبخرة القار كوقود وتُعالج الأدخنة قبل المدخنة.
5. **بيت الصبّ.** يمر المعدن من فرن الحفظ عبر وحدة نزع غاز على الخط، حيث يزيل الأرجون أو النيتروجين الهيدروجين قبل الصبّ.
6. **إمداد النيتروجين.** يغذي مولّد نيتروجين أو خزان سائب عمليات نزع الغاز وتبريد الخبث والتطهير.

النسخة التفاعلية المتحركة:
https://www.yorkinstrument.ae/ar/guides/aluminium-smelter-measurement-points/

نقاط القياس

#	النقطة	يقيس	القيمة النموذجية / الحد	الحل المقترح
1	مخرج مجففات الهواء المضغوط	نقطة الندى تحت الضغط	فئة يختارها الموقع وفق ISO 8573-1، مثل الفئة 2 ≥ −40 °C أو الفئة 1 ≥ −70 °C	DPT810, DPT830
2	مجمّع هواء خط الخلايا (مغذيات النقاط)	نقطة الندى تحت الضغط عند نقطة الاستخدام	كما يحددها الموقع	DPT810, DPT-600 Plus
3	مدخنة مركز معالجة الغازات / المجرى الرئيسي	CO_2 (% حجماً)	0.6–1.2 % حجماً في غاز عادم الخلايا	نظام متكامل: محلل CO_2 بالأشعة تحت الحمراء غير المشتتة بنطاق 0–2 % حجماً
4	مدخنة مركز معالجة الغازات	HF والفلوريد الكلي	حدود BAT الأوروبية: HF ≤ 1.0 ملغ/Nm³ (متوسط يومي)، والفلور الكلي ≥ 1.5 ملغ/Nm³؛ وتحدد تصاريح الخليج حدودها الخاصة	نظام متكامل: محلل HF بالليزر (TDL) في الموقع أو استخلاصي
5	مجرى غاز الخلايا / مركز معالجة الغازات	CF_4 و C_2F_6 (مركبات الكربون المشبعة بالفلور)	CF_4 عند الجهد المنخفض نحو 0.01–1 ppmv؛ حتى 0.5–10 ppmv أثناء تأثير الأنود؛ ويلزم حد كشف ≥ 0.01 ppmv	نظام متكامل: محلل FTIR استخلاصي أو ليزر كمّي متتالي
6	مداخن فرن تحميص الأنودات	O_2 (%)	يحددها مشغّل الفرن؛ ارتفاع O_2 في منطقة التسخين المسبق يدل على تسرّب الهواء	POA3500, DPSS-61XX
7	مخرج مركز معالجة الأدخنة	HF والغبار و PAH	حدود BAT الأوروبية (مصنع متكامل): HF 0.3–0.5 ملغ/Nm³ (متوسط يومي)	نظام متكامل: محلل HF بالليزر (TDL) وجهاز رصد غبار وأخذ عيّنات PAH دورياً
8	الأرجون / النيتروجين إلى وحدة نزع الغاز	نقطة الندى	أجفّ ما يمكن؛ لا يوجد حد منشور محايد عند نقطة الاستخدام	DPT830, DPT-600 Plus, DM9600, DM9700
9	الأرجون / النيتروجين إلى وحدة نزع الغاز	آثار O_2 (ppm)	يحدد بيت الصبّ الحد عند نقطة الاستخدام	POA200, PGA500
10	مداخن فرن الحفظ / الصهر	الأكسجين الزائد (%)	إرشاد عام للأفران الغازية: 2–3 % O_2 (هواء زائد 10 % ≈ 2.1 % O_2)	POA3500, POA300, PGA530
11	المعدن المنصهر قبل الصبّ	الهيدروجين المذاب (مل/100 غ)	الهدف < 0.15 مل/100 غ في دراسة لأحد المصانع؛ وعتبات المسامية 0.1–0.2 مل/100 غ	نظام متكامل: مسبار هيدروجين داخل المصهور أو اختبار الضغط المنخفض
12	مخرج مولّد النيتروجين	الأكسجين المتبقي (ppm أو %)	يحدد الاستخدام النقاء: نزع الغاز أو تبريد الخبث أو التطهير	POA200, PGA500, POA300, PGA530

قيم نموذجية من معايير ولوائح وأدبيات فنية منشورة. تبقى مواصفة العقد أو المرخِّص أو المصنع هي المرجع دائماً. توفر YORK الأنظمة المتكاملة عبر مصنع التكامل الشريك.

أهم المراجع

1. Commission Implementing Decision (EU) 2016/1032: BAT conclusions for non-ferrous metals, aluminium — EU (legislation.gov.uk mirror)
2. Same Decision, BAT 10 monitoring — EU (legislation.gov.uk mirror)
3. Good Practice Guidance: Measuring Perfluorocarbons — International Aluminium Institute
4. D1.3 Recycling of the flue gas from aluminium electrolysis cells (HighEFF) — SINTEF