گزارش استخراجی از فصل ۶ — Unit 081/082 Electrolysis

اختلاف دمای آب‌نمک و کاستیک ورودی به الکترولایزر

بررسی وجود محدودیت دمایی بین Ultra Pure Brine و Catholyte/Caustic و اثر آن روی سل، ممبرین و ولتاژ

نتیجهٔ اصلی: در بخش‌های بررسی‌شدهٔ سند، یک عدد صریح با عنوان «حداکثر اختلاف دمای مجاز بین آب‌نمک ورودی و کاستیک ورودی» پیدا نشد؛ اما سند چند محدودیت مهم برای دمای هر دو جریان و دمای خروجی سل داده است. بر اساس همین محدودیت‌ها، هر دو جریان باید گرم و در محدوده عملیاتی نزدیک به هم نگه داشته شوند و هیچ‌کدام نباید از C°90 به سمت الکترولایزر عبور کنند.

۱. داده‌های مستقیم موجود در سند

موضوع	مقدار / عبارت سند	برداشت عملیاتی
پرکردن سمت آند با آب‌نمک فوق‌خالص	دمای Ultra Pure Brine هنگام Filling: حدود C°50–40	در مرحله پرکردن، آب‌نمک نسبتاً گرم ولی نه در دمای عملیاتی کامل وارد می‌شود.
گرم‌کردن الکترولایزر	Hot caustic و Hot ultra pure brine از طریق filling lines به الکترولایزر داده می‌شوند.	در مرحله Heating-up، هر دو جریان باید گرم باشند؛ سند تفاوت دمای مجاز بین این دو را عددگذاری نکرده است.
دمای خروجی الکترولایزر در پایان Heating-up	الکترولایزر تا دمای خروجی C°80–75 گرم شود.	هدف گرم‌کردن، رسیدن بدنه/خروجی سل به محدوده مناسب قبل از ادامه راه‌اندازی است.
حد دمای ورودی به الکترولایزر	Ultra pure brine و catholyte به الکترولایزر نباید از C°90 بیشتر شوند.	حد بالای مشترک برای هر دو جریان ورودی C°90 ذکر شده است.
بعد از Energizing	میانگین دمای خروجی catholyte cell header ظرف 2 ساعت باید بالاتر از C°75 و ترجیحاً C°80 شود.	دمای کاتولیت/سل برای relaxation ممبرین و راه‌اندازی سالم مهم است.
Operating window ممبرین	بسته به چگالی جریان، دمای خروجی سل در محدوده 80 تا C°90 قرار دارد.	دمای بهره‌برداری باید با بار و جریان متناسب باشد.
حد بحرانی دمای بالا	دمای C°95 به‌عنوان critical upper limit ذکر شده؛ بالاتر از آن به سل و ممبرین آسیب می‌زند.	دمای خیلی بالا، چه در brine و چه در catholyte، ریسک آسیب ممبرین/سل دارد.

۲. آیا اختلاف دمای مستقیم آب‌نمک و کاستیک عددگذاری شده؟

در متن بررسی‌شده، عبارت یا جدول مستقلی که مثلاً بگوید «اختلاف دمای brine inlet و catholyte inlet نباید از X درجه بیشتر باشد» دیده نشد. سند به‌جای بیان Delta-T مستقیم، دمای هر مسیر و دمای خروجی سل را کنترل می‌کند:

- هر دو جریان در مرحله Heating-up به‌صورت hot caustic و hot ultra pure brine تغذیه می‌شوند.
- هر دو جریان ورودی به الکترولایزر نباید از 90°C بالاتر بروند.
- دمای خروجی سل باید در راه‌اندازی به 75–80°C برسد.
- در بهره‌برداری نرمال، دمای خروجی سل بر اساس جریان در محدوده 80–90°C است.

۳. ارتباط دما با ولتاژ سل

سند در بخش Cell voltage توضیح می‌دهد که ولتاژ سل با دمای الکترولیت/عنصر تکی تغییر می‌کند. اثر عددی ذکرشده:

تغییر دما	اثر روی ولتاژ	برداشت
افزایش دمای single element	حدود 16 mV کاهش ولتاژ به‌ازای هر 1°C افزایش دما	دمای پایین‌تر می‌تواند ولتاژ را بالا ببرد؛ البته دمای بیش از حد نیز به ممبرین و سل آسیب می‌زند.
Catholyte temperature too low	در Trouble Shooting آمده که دمای پایین کاتولیت باعث افزایش ولتاژ سل می‌شود.	اگر کاستیک/کاتولیت ورودی سرد باشد یا گرم‌کردن درست انجام نشود، ولتاژ بالا می‌رود.
Pure brine temperature too low	در Trouble Shooting، دمای پایین آب‌نمک خالص هم از علت‌های افزایش ولتاژ در بار ثابت ذکر شده است.	سرد بودن آب‌نمک نیز می‌تواند یکی از علت‌های افزایش ولتاژ باشد.

۴. اثر دمای خیلی بالا

مورد	اثر ذکرشده در سند	اقدام پیشنهادی سند
Pure brine temperature too high	دمای نرمال عملیاتی تجاوز می‌کند؛ حد بحرانی 95°C است؛ دمای بالاتر به سل و ممبرین آسیب می‌زند.	تنظیم temperature controller، کاهش load و افزایش cooling water به brine cooler.
Catholyte temperature too high	دمای نرمال عملیاتی تجاوز می‌کند؛ حد بحرانی 95°C است؛ دمای بالاتر به سل و ممبرین آسیب می‌زند.	تنظیم steam/cooling water، کنترل دمای catholyte و کاهش load.
دمای ورودی brine/catholyte به الکترولایزر	نباید از 90°C بیشتر شود.	کنترل حرارت‌دهی و سرمایش قبل از ورود به الکترولایزر.

۵. جمع‌بندی عملیاتی

- سند برای اختلاف دمای مستقیم بین آب‌نمک ورودی و کاستیک ورودی عدد مستقل نداده است.
- اما هر دو جریان باید در Heating-up گرم باشند و به الکترولایزر با دمای کنترل‌شده وارد شوند.
- حد بالای ورود هر دو جریان به الکترولایزر: 90°C.
- دمای بحرانی که بالاتر از آن به سل و ممبرین آسیب می‌رسد: 95°C.
- دمای پایین آب‌نمک یا کاتولیت می‌تواند باعث افزایش ولتاژ سل شود.
- بعد از برق‌دار شدن، دمای متوسط خروجی catholyte header باید ظرف 2 ساعت به بیش از 75°C و ترجیحاً 80°C برسد.

- بنابراین از نظر عملیاتی، تمرکز سند روی کنترل جداگانه دمای هر جریان و دمای خروجی سل است، نه روی یک عدد Delta-T مستقل بین brine و caustic.

منبع: سند Operating Manual واحد کلر-آلکالی PVC Arvand، فصل ۶، بخش‌های Operating Window for Start-up، Heating-up، Filling، Cell Voltage، Membranes و Trouble Shooting. این گزارش خلاصهٔ آموزشی/عملیاتی است و جایگزین دستورالعمل رسمی کارخانه نیست.