

شستشوی تبادلگر گرمایی در حین کار

سوسن خسرویار

قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، گروه مهندسی شیمی

پیام نگار: susankhosroyar@yahoo.com

چکیده

رسوب‌زدایی تبادلگر در صنایع امری رایج است و تاکنون تلاش‌های زیادی جهت رفع این مشکل شده است. در این مقاله به بررسی کاهش رسوب در حین کار^۱ و مزایای آن نسبت به روش حین توقف^۲ پرداخته شده است. همچنین مشکل کمپرسور هوای واحد آمونیاک در پتروشیمی خراسان که ناشی از رسوب گرفتگی تبادلگر گرمایی مرحله سوم (۲۱۴۳) بود، با استفاده از ماده شیمیایی اسید کلرویدریک ۵٪ و ماده بازدارنده خوردگی^۳ ۰/۲٪ به صورت حین کار با جلوگیری از توقف واحد آمونیاک و به همین ترتیب واحد اوره و ملامین رسوب‌زدایی صورت گرفته است.

عملیات شستشوی شیمیایی تبادلگر (E-۲۱۴۳) نتایجی چون کاهش لرزش کمپرسور، کاهش دمای هوای خروجی تبادلگر، کاهش دمای آب تبادلگر، افزایش جریان آب خنک کننده و در نهایت، صرفه‌جویی و کاهش هزینه‌ها، در بر داشت و با نتیجه مطلوب به پایان رسید.

کلمات کلیدی: شستشوی تبادلگر گرمایی، شستشوی حین کار، کنترل شیمیایی، رسوب‌زدایی

۱- مقدمه

علیرغم روش‌هایی که برای جلوگیری از ایجاد و گسترش انواع رسوب در تبادلگرهای گرمایی وجود دارد مشکل رسوب هیچ‌گاه به طور کامل حل نشده است. بنابراین به منظور ثابت نگه داشتن و حفظ بازدهی یک تبادلگر گرمایی، پس از تولید رسوب در تبادلگر روش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلفی به کار گرفته می‌شوند تا مانع از افزایش رسوب‌زدایی شوند. دو روش عمده برای پاکسازی تبادلگر از رسوب وجود دارد.

الف) روش حین کار

ب) روش حین توقف

در روش اول تدابیر مربوط به رسوب‌زدایی، همزمان با عملیات تولید اجرا می‌شود؛ عمده ترین این روشها همان کاربرد مواد افزودنی ضد رسوب به سیال عامل است. از آنجا که این روش‌ها به متوقف کردن فرایند تولید و خارج کردن تبادلگرهای گرمایی از سیستم نیازی نیست، آنها کاربردهای گسترده‌ای در صنایع مختلفی که از تبادلگرهای گرمایی استفاده می‌کنند، بخصوص نیروگاه‌های حرارتی، دارند.

در روش دوم رسوب‌زدایی بعد از خارج کردن تبادلگر از مدار انجام می‌شود در این حالت نیز روش‌های شیمیایی و مکانیکی مختلفی برای پاکسازی تبادلگر وجود دارد. باید توجه داشت که در این روش چون فرایند تولید قابل توقف نیست، لازم است تبادلگر مشابهی

1. On-line
2. Off-line
3. Flomate

- ابعاد کل سطحی که باید تمیز شود
- اثرات به جامانده از شستشوی قبلی
- شرایط حمل و انتقال مواد

بسیاری از مواد شیمیایی موجود قادر به حل کردن و یا نرم کردن رسوبها هستند؛ همچنین روشها و مراحل ممکن نیز دارای تنوع زیادی هستند. به همین دلیل روشها و مواد انتخابی به نوع رسوبها و میزان تمیزی مورد نظر پس از اتمام شستشو (بازدهی عمل شستشو) بستگی خواهند داشت.

بازدهی عمل شستشو از اهمیت زیادی برخوردار است؛ زیرا در صورتی که رسوبها به طور کامل زدوده نشوند، میزان خوردگی دستگاه نسبت به حالتی که دستگاه کاملاً کثیف است، افزایش خواهد یافت.

در روش شستشوی شیمیایی در صورت امکان بهتر است از رسوبهای موجود نمونه‌گیری به عمل آمده و نمونه‌ها آنالیز شوند. در صورتی که نمونه‌گیری یا آنالیز نمونه‌ها ممکن نباشد باید ترکیبات احتمالی آنها از روی تمیزکاری‌های انجام شده در گذشته، و نیز ترکیب سیال جاری حدس زده شود [۴-۶ و ۱-۲].

۳- مطالعه موردی

شرح عملیات شستشوی شیمیایی تبادلگر (E-۲۱۴۳) پتروشیمی خراسان:

مشکل لرزش در کمپرسور هوای واحد آمونیاک (C-۲۱۰۱) که ناشی از اشکال در تبادلگر گرمایی (E-۲۱۴۳) بود، به شیوه شستشوی شیمیایی برطرف گردید. شرح کامل اقدامات انجام شده و نتایج حاصل گزارش شده است. در روش حین کار، ضمن جلوگیری از خواباندن واحد آمونیاک که منجر به از سرویس خارج شدن واحد اوره و ملامین بود باعث صرفه‌جویی در هزینه نیز گردید. مشخصات آب خنک‌کننده و جبرانی در جدول‌های (۱) و (۲) آمده است و اطلاعات فنی تبادلگر (E-۲۱۴۳) مربوط به تبادلگر میانی کمپرسور هوای واحد آمونیاک که در بخش بالایی لوله‌ها (سمت آب خنک‌کننده برگشتی) یعنی گذرهای ۳ و ۴ دچار رسوب گرفتگی شده به شرح جدول (۱) است.

به صورت یدکی^۱ به موازات تبادلگر اصلی وجود داشته باشد که هنگام پاکسازی تبادلگر اصلی خط تولید متوقف نشود. هر تبادلگر گرمایی دیر یا زود نیاز به توقف کار و عملیات پاکسازی به منظور دستیابی به کیفیت تبادل حرارت اولیه دارد، حتی تبادلگرهایی که تدابیر مربوط به پیشگیری از ایجاد رسوب و یا پیشرفت آن در آنها به خوبی رعایت شده باشد.

معمولاً سعی می‌شود مدت پاکسازی تبادلگرهای گرمایی در یک مجموعه صنعتی، همزمان با توقف سالانه واحد باشد تا به این ترتیب از هدر رفت زمان و یا توقف خط تولید در طول بهره‌برداری سالانه جلوگیری شود. در این مقاله به بررسی حالت الف یعنی روش حین کار می‌پردازیم [۱-۳].

۲- شستشوی شیمیایی

فن شستشوی شیمیایی پیشرفته از سال‌های دهه ۱۹۴۰ شروع به رشد کرد زیرا در آن سال‌ها به تدریج، این نیاز پیدا شد که تولید را افزایش دهند و از زمان توقف دستگاه‌ها و کارخانه‌ها بکاهند.

شستشوی شیمیایی، معمولاً به عنوان استفاده از اسیدهای قوی معدنی برای تمیزکردن دستگاه‌ها تلقی می‌شود. امروزه نیز با وجود شناسایی مواد مختلف، و اینکه سعی بر این است که از موادی با میزان خوردگی کمتر استفاده شود باز هم اسیدهای قوی‌تر و در عین حال ارزان معدنی اهمیت شایان توجهی دارند.

قبل از انتخاب یک فرایند شستشوی شیمیایی، باید به ساختمان دستگاه و نیز ساختمان رسوبها (آلودگی‌های تشکیل شده در سیستم) توجه کامل شود.

در انتخاب یک روش شستشوی شیمیایی باید به عوامل مختلفی توجه شود که عبارتند از:

- طبیعت و جنس ماده‌ای که باید زدوده شود
- سطحی که باید تمیز شود
- اهمیت شرایط و وضعیت سطح پس از اتمام شستشو
- درجه تمیزی مورد نظر
- سازگاری روش با امکانات و وسایل موجود
- تأثیر فرایند شستشو بر محیط زیست
- قیمت و هزینه

1. Stand by

جدول ۱- مشخصات آب جبرانی

pH	conduct	M.A	Cl ⁻	SO ₄	Ca	T.H	T.Fe	D.Fe	SiO ₂	ترکیبات آب جبرانی
	(S/cm μ)	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	واحد
۸/۲	۶۰۰	۱۰۰	۵۰	۱۱۲	۳۲	۱۶۲	۰/۱۲	۰/۰۹	۳۶/۸	متوسط یک ماه
۸/۲	۸۶۰	۱۶۸	۷۱	۱۶۲	۶۸	۳۱۰	۰/۱۲	۰/۰۹	۳۶/۸	MAX
۷/۹	۴۷۹	۸۶	۳۹	۸۰	۲۵	۱۲۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۵/۴	MIN

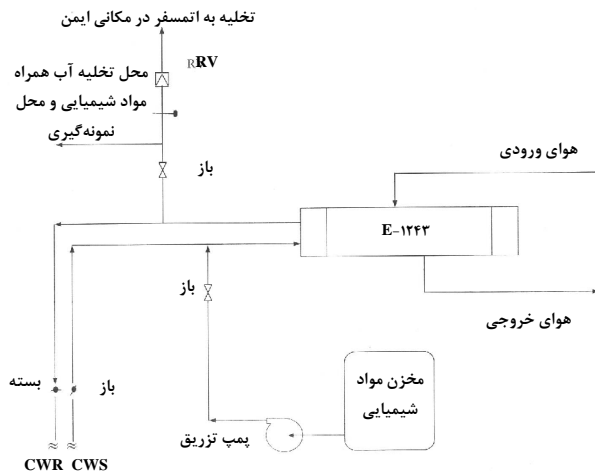
HCO₃=M. Alkalinity ≈ M.A

جدول ۲- آب خنک‌کننده

کمینه	بیشینه	متوسط یک ماه	PH	
۷/۸	۸/۲	۸		
۲۷۱۱	۳۴۰۱	۳۴۰۱	(S/cm μ)	Conduct
۶۸	۱۱۶	۷۶	ppm	M.A
۲۸۰	۳۳۶	۳۳۶	ppm	Cl ⁻
۹۰۰	۱۷۷۹	۹۹۶	ppm	SO ₄
۱۵۶	۲۶۵	۱۷۶	ppm	Ca
۷۵۳	۱۱۸۶	۸۶۰	ppm	T.H
۰/۱	۱/۴	۱/۴۲	ppm	T.Fe
۰/۱	۱/۱	۰/۸	ppm	D.Fe
۲۴/۹	۴۴/۶	۳۹/۵	ppm	SiO ₂
۱/۴	۱۵/۹	۱۵/۹	NTU	Turb
۰/۱	۰/۵	۰/۲	ppm	Cl ₂ .Fe
۰/۳	۱	۰/۸	ppm	Cl ₂ .T
۰/۴	۲	۱	ppm	NH ₃
۱/۸	۴/۱	۳/۷	ppm	PO ₄
۵۰/۵	۱۷۸/۶	۵۱/۱	ppm	Flomate
۳/۶	۸/۵	۸/۵	ppm	سیکل تغلیظ

جدول ۳- اطلاعات فنی تبادلگر (E-2143) (AEU-1300*4200)

سمت لوله	سمت پوسته	
نرمال (۲۷/۴۱،۲)	نرمال (۱۷۸/۳۳)؛ حداکثر (۱۹۳/۳۵)	دما °C (ورودی/خروجی)
۴	۱	تعداد گذر
آب	هوا	سیال



شکل ۱- نمودار اجمالی از عملیات انجام شده در تبادلگر

(E-2143) برای حذف رسوب

- آزمون و کنترل میزان آهن کل در آب خروجی تبادلگر به مقدار حداکثر ۳۰ ppm

- مقایسه آزمون (Ca) در آب خروجی و مقایسه آن با آب ورودی تبادلگر

- ثبت پارامترهای دما و لرزش به صورت پیوسته مربوط به کمپرسور
- پایان عملیات از طریق واریسی و تثبیت pH و غلظت Ca در آب خروجی تبادلگر و تثبیت شرایط دمایی و اندازه گیری جریان آب خنک کننده عبوری از تبادلگر می‌باشد.

- عملیات شستشو با شرایط بالا به مدت ۲ ساعت ادامه یافت که در مراحل مختلف ضمن اندازه‌گیری مقدار Fe آب خروجی و مقدار خوردگی مسیر تبادلگر گرمایی فوق تحت کنترل قرار گرفت. جریان آب به خنک کننده نیز افزایش یافت. ضمن ثبت پارامترها در مراحل مختلف در طی عملیات تحت نظر و محاسبه قرار می‌گرفت تا اینکه دمای خروجی آب خنک کن از تبادلگر به حداقل ۴۰ درجه سلسیوس رسید. پس از آن با توجه به تثبیت شرایط عملیات شستشوی شیمیایی با اسید کلریدریک و بازدارنده خوردگی آن حین کار^۳ متوقف گردید.

۴- نتیجه‌گیری

الف) نتایج حاصل از شستشوی شیمیایی تبادلگر (E-2143) مطابق شکل (۲) و جدول (۳) به شرح زیر است.

3. On-line

طول و آرایش لوله‌ها: طول ۴۲۰۰ mm؛ گام ۳۳ mm؛ زاویه جریان ۶۰ درجه

جنس پوسته: فولاد ضد زنگ با قطر داخلی ۱۲۶۰ mm و قطر خارجی ۱۳۰۰ mm

تعداد لوله: ۴۶۰؛ قطر خارجی: ۱۶ mm؛ ضخامت: ۱/۷ mm

نوع: لوله فین‌دار

صفحه لوله-شناور: فولاد معمولی

بفل (صفحه مانع) عرضی: فولاد معمولی

صفحه لوله ثابت: فولاد معمولی

در پوش کله‌گی: فولاد معمولی

(تبادلگر کله‌گی ثابت است)

الف) تمهیدات لازم جهت شستشوی تبادلگر حین کار

۱- ایجاد یک مسیر ۱ ½" به روش (Hot-Tap) بر روی لوله ورودی

آب خنک‌کننده به تبادلگر (E-2143) جهت تزریق ماده شوینده شیمیایی اسید کلریدریک ۵٪ و بازدارنده خوردگی اسید کلریدریک ۰/۲٪ (شکل (۱))

۲- نصب مخزن و پمپ با استروک قابل تنظیم جهت کنترل جریان ماده شوینده تزریقی

۳- استفاده از مسیر فرعی صفحه گسیختگی^۲ در لوله آب خروجی خنک کننده تبادلگر و بستن شیر لوله برگشتی تبادلگر به لوله کلکتور اصلی آب خنک‌کننده جهت جلوگیری از ورود مواد شوینده به شبکه آب خنک‌کننده مجتمع

۴- استفاده از وسیله یا ابزار فراصوت جهت اندازه‌گیری جریان آب خنک‌کننده به تبادلگر به دلیل نداشتن جریان سنج بروی مسیر مذکور

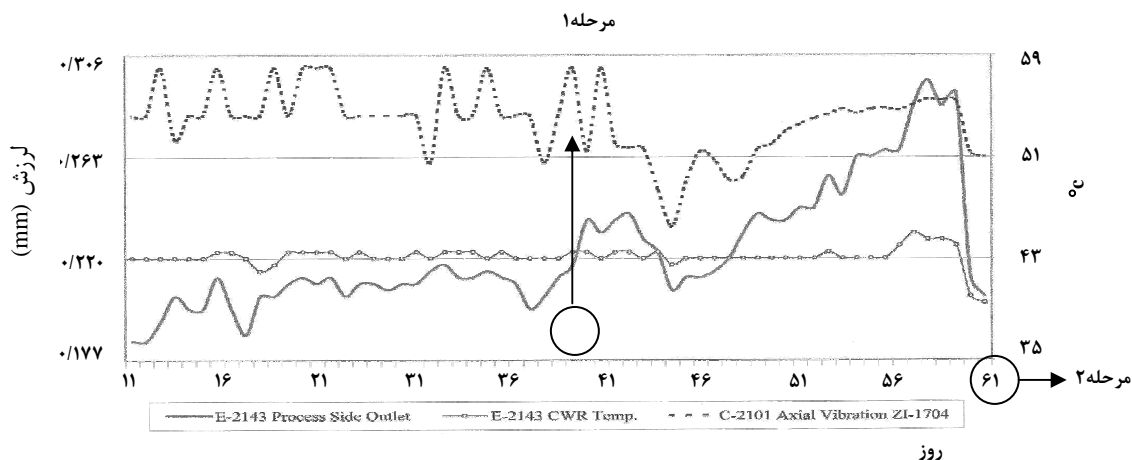
۵- قطع جریان آب دور ریز برج‌های خنک‌کننده جهت جلوگیری از هدر رفتن آب اضافی (۳)

ب) کنترل شیمیایی و عملیات شستشوی شیمیایی

طبق جدول واحد آب خنک‌کننده (جدول (۲)) موارد زیر تحت کنترل قرار گرفت:

- تنظیم استروک پمپ و اندازه گیری pH به صورت پیوسته و کنترل آن برابر ۴ در آب خروجی از تبادلگر

1. Flomate
2. Rupture disk



(مرحله ۱ و ۲ محل تزریق اسید است)

شکل ۲- تغییرات دمایی و لرزش کمپرسور (C-۲۱۰۱) قبل و بعد از شستشوی (E-۲۱۴۳)

آب خنک کننده دربرگشت	CWR	- کاهش لرزش کمپرسور از مقدار ۰/۲۹ میکرومتر به مقدار ۰/۲۶ میکرومتر
کمپرسور	C	
تبادلگر	E	- کاهش دمای هوای خروجی تبادلگر از ۵۷/۳°C به ۴۱°C
فولاد کربن	C.S	- کاهش دمای آب خروجی تبادلگر از ۴۵°C به ۴۰°C
قطر داخلی	ID	- افزایش جریان آب خنک کننده از $100 \left(\frac{m^3}{hr} \right)$ به $150 \left(\frac{m^3}{hr} \right)$
قطر خارجی	OD	
ضخامت	T.h.k	- کاهش دمای هوای خروجی کمپرسور از ۱۹۱°C به ۱۷۵°C

(ب) صرفه جویی و کاهش هزینه:

- صرفه جویی ناشی از عدم استفاده از مواد شیمیایی و خدمات پیمانکار

- جلوگیری از توقف احتمالی واحدهای تولیدی مجتمع به مدت سه روز که باعث کاهش درآمد ناشی از عدم تولید محصولات می گردید.

مراجع

[۱] محمدعلی ذاتی، پایان نامه کاشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی اصفهان، (۱۳۷۶).

- [2] Franer, W. W. "Choose the Best Heat Exchanger Cleaning Method" , Chemical Engineering Progress, pp37-40, (July1998).
- [3] Suitor. J.Ww. Marnar. W. J. And Ritter, R. B. "The History and Research In Foulingof Heat Exchangers In Cooling Water Service". The Canadian Journal of Chemical Engineering, pp 347-380, (1977).
- [4] Louks C.M. "Boosting Capacities with Chemicals", Chemical Engineering, pp 79-84, (1973).
- [5] Roebuck A. H. "Safe Chemical Cleaning –The Organic Way", Chemical Engineering, pp 107-110, (1978).
- [6] Buecker B."A Step – By- Step Guide to Chemicals of Boilers", chemical Engineering progress, pp 72-79, (1996).

۵- تشکر و قدر دانی

در پایان از شرکت پتروشیمی خراسان شمالی برای پشتیبانی و حمایت از این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را داریم.

۶- فهرست علائم

R.V	شیر کمکی
CWS	آب خنک کننده دررفت