



نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران
۳-۵ آذر، ماه ۱۳۸۳

بازیابی آب کلردار واحد کلرآلکالی شرکت کیمیای پتروشیمی بندرامام و استفاده از آن بجای آب ژاول در برج های خنک کننده

بهمن بهزادی

ماهرشهر، پتروشیمی بندرامام، شرکت کیمیا، مهندسی فرآیند

bbehzadi@kimia.bipc.or.ir

چکیده

آب کلردار یکی از پسابهای واحد کلرآلکالی بوده که در عملیات شستشوی گاز کلر تولید می گردد در طراحی اولیه واحد، بخشی از این آب با کاستیک خنثی شده و مابقی توسط بخار، کلرآن جدامی گردد. پس از انجام مطالعات لازم، طرح استفاده از آب کلر دار بجای آب ژاول به برجهای خنک کننده پتروشیمی بندرامام ارائه گردید و در سال ۷۹ بطورآزمایشی آب کلردار جایگزین آب ژاول در برج خنک کننده واحد کلرآلکالی شد و تا کنون نیز ادامه دارد. همچنین توسعه جایگزینی آب کلردار در کلیه برجهای خنک کننده مجتمع نیز در دست اجرا است. با اجرای این طرح علاوه بر کاهش آلودگی محیط زیست از مصرف حدود ۸۰۰۰ تن کاستیک و ۷۰۰۰ تن بخار جلوگیری می شود.

کلمات کلیدی: آب کلردار (chlorinated water)، آب ژاول

شرح مقاله

آب کلر دار یکی از محصولات جانبی واحد کلرآلکالی می باشد که در بخش های ۴۰۰ (خشک سازی و شستشوی گاز کلر) و ۲۵۰ (کلرزدایی از آب نمک)، بشرح زیر حاصل می گردد:
در واحد کلرآلکالی گاز کلر تولیدی که محصول تجزیه نمک طعام (NaCl) بین دو قطب مثبت و منفی یا آند و کاتد است در دمای حدود ۸۰ درجه سانتیگراد تولید می شود.

آنالیز جریان گاز کلر تولیدی از لحاظ ترکیبات بشرح جدول زیر است

واحد	مقدار	آنالیز گاز کلر تولید در سلها
درصد حجمی / حجمی	۴۰/۲۴	کلر
درصد حجمی / حجمی	۵۸/۲۸	آب
درصد حجمی / حجمی	۱/۱۷	هیدروژن
درصد حجمی / حجمی	۰/۳	گازهای خنثی

همانطور که آنالیز کلر خروجی از سلها نشان می دهد ، این گاز حاوی ۴۰/۲۴ درصد حجمی / حجمی و یا ۱۴/۳ درصد وزنی / وزنی آب است که لازم است قبل از ورود گاز کلر به برجهای خشک کننده کلر که در آنها اسید سولفوریک به ترتیب با غلظت ۸۰ ، ۹۳ و ۹۶ درصد وزنی / وزنی در چرخش است، بخش عمده ای از آب حذف گردد و از طرفی کلر ورودی به برجهای خشک کننده نیز بدلیل اینکه عملیات جذب با کاهش دما افزایش می یابد لازم است دمای آن به ۱۵ درجه سانتیگراد رسانده شود.

به همین منظور گاز کلر در ابتدا در برجهای C-401A& B که در آن آب بدون املاح (DM) در چرخش می باشد خنک شده و دمای آن به ۴۵ درجه سانتیگراد کاهش می یابد و سپس کلر وارد برجهای شماره C-402 A & B می شود. در این برجهای کلر با آب DM شسته شده و دمای آن به ۱۵ درجه پایین می آید. بمنظور سرد نمودن کلر از مبدلهای شماره E-402A & B که در آنها آب CHILLING سیال سرویس است، استفاده می شود. جریان کلر خروجی از این مجموعه حاوی ۱/۶۷ درصد حجمی / حجمی و یا ۰/۴۳۴ درصد وزنی / وزنی آب خواهد بود. تمام آبهای کندانس برجهای C-402 A & B و C-401A& B و همچنین بخشی از آب کندانس همراه با کلر خروجی از (FLASHING VESSELS (V-201 A & B از طریق تانک شماره T-211 ، به تانک شماره T-411 ارسال می شود.

صاحب لیسانس واحد که شرکت دنورای ایتالیا است در طراحی واحد ، بخشی از آب کلر دار راجهت ساخت کاستیک ۲۰٪ مصرفی در سیستم خنثی سازی (آب ژاول سازی) مصرف و قسمت عمده ای از آن وارد برج شماره C-406 (CHLORINE GAS STRIPPER) شده و در این برج با تزریق بخار کم فشار کلرزدایی از آن صورت می گیرد. پس از راه اندازی واحد و با توجه به اینکه آب ژاول بعنوان محصول در برنامه فروش قرار گرفت به دلیل اسیدی بودن آب کلردار، امکان استفاده از آن در تهیه آب ژاول میسر نشد.

بخش کلر زدایی از آب کلر دار شامل دستگاههای زیر است

۱. تانک شماره (CHLORINE GAS DRAIN RECIVER) T-411
۲. برج شماره (CHLORINE GAS STRIPPER) C-406
۳. تانک شماره (CIRCULATION WATER RECIVER) T-415
۴. مبدل شماره (CIRCULATION WATER COOLER) E-409
۵. پمپهای شماره (CIRCULATION WATER PUMP) P-502 A & B

آنالیز و دبی آب کلر دار براساس طراحی

PHISICAL PROPERTIES	VALUE	UNIT
TEMPERATURE (C)	AMBIENT	C
DENSITY (kg/m3)	986.886	Kg/m3
WATER	99.62	%w/w
CHLORINE	0.38	%w/w
TOTAL FLOW	9874.6	Kg/h
FLOW RATE	10	M3/h

بمنظور کلر زدایی از آب کلر دار مقدار ۸۶۶،۲ کیلو گرم در ساعت بخار نیاز است که این مقدار براساس ۸۰۰۰ ساعت کارکرد مقدار ۶۹۲۹۶۰۰ کیلوگرم یا ۶۹۲۹،۶ تن در سال بالغ خواهد شد.

جدول آنالیز آب کلر دار براساس شرایط عملیاتی (واقعی)

تاریخ	کلر آزاد (F-Cl ₂) (ppm)	PH
۱۳۷۹/۱۰/۲۵	1366	1.8
۱۳۷۹/۱۰/۲۶	1775	1.7
۱۳۷۹/۱۰/۲۷	1882	1.8
۱۳۷۹/۱۰/۲۸	1739.5	1.8
۱۳۷۹/۱۰/۲۹	1690	1.8
۱۳۷۹/۱۰/۳۰	1355	1.5
۱۳۷۹/۱۱/۱	1408	1.7
۱۳۷۹/۱۱/۳	2012.8	1.8
۱۳۷۹/۱۱/۴	2276	1.8

همچنین درمهرماه سال ۱۳۸۰ تستهای دیگری از آب کلر دار تانک شماره T-411 انجام شد که در جدول زیر آمده است.

تاریخ	FREE CHLORINE (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	CHLORIDE (ppm)
۱۳۸۰/۶/۲۷	2500	101.6	0.35	2800
۱۳۸۰/۶/۲۶	1400	90.5	0.26	1700
۱۳۸۰/۶/۳۱	2100	98.1	0.33	2500
۱۳۸۰/۷/۱	2100		0.25	1500

در جدول زیر آنالیز طراحی آب ژاول تولیدی واحد کلرآلکالی آمده است

مقادیر	خواص فیزیکی آب ژاول
۳۰	دما (درجه سانتیگراد)
۱۲۲۰	دانسیته (کیلوگرم بر متر مکعب)
۷۳.۴۲	آب (wt%)
۳.۹۸	NaOH (wt%)
۱۲.۶۶	NaClO (wt%)
۹.۹۴	NaCL (wt%)

آنالیز واقعی آب ژاول در جدول زیر می باشد

واحد	مقدار	خواص فیزیکی آب ژاول
Gr / lit	19 ~ 23	NaOH
Gr / lit	90 ~ 120	FREE CHLORINE
Gr / lit	110 ~ 80	NaCl
ppm	0.1 ~ 0.3	Hg

مزایای استفاده از آب کلر دار در مقایسه با آب ژاول در برج خنک کننده :

- کاهش مصرف اسید سولفوریک
- کاهش مصرف آب به دلیل پایین بودن یون کلراید آب کلر دار (کاهش آب دور ریز کولینگ)

کاهش مصرف اسید سولفوریک

با توجه به اینکه آب کلر دار یک آب اسیدی با PH کمتر از ۲ می باشد ، در صورت استفاده از آن بجای آب ژاول تاثیر مستقیمی بر کاهش مصرف اسید سولفوریک در سیستم برج خنک کننده دارد . بدلیل اینکه هنگام استفاده از آب ژاول با توجه به اینکه در شرایط طراحی این ماده حاوی حدود ۴ (چهار درصد وزنی) سود سوزآور است .

واکنش خنثی سازی کاستیک با اسید سولفوریک بصورت زیر است :



همچنین واکنش کلر با کاستیک و تشکیل آب ژاول بصورت زیر می باشد :



هر چه دما بالاتر رود تبدیل کلر به نمک در واکنش بالا بیشتر می شود ، بخصوص در فصول گرم سال تجزیه آب ژاول بیشتر شده و تا جایی که آب ژاول بطور کامل به نمک تبدیل می شود. براساس طراحی آب ژاول حاوی ۹،۹۴ درصد نمک است . در واقع مقدار ۶،۰۳۲ درصد وزنی یا 60320 ppm یون کلراید در محصول تولیدی واحد کلرآلکالی (آب ژاول) وجود دارد . در صورتی که در فصول گرم سال این مقدار به بیش از 100000 ppm بالغ می گردد.

یون کلراید موجود در آب ژاول در مقایسه با آب کلر دار ۳۰،۱۶ برابر می باشد (طراحی)، در صورتی که این رقم در فصل گرم سال به بیش از ۵۰ برابر بالغ می گردد.

با توجه به اینکه در شرایط عملیاتی آب ژاول حاوی ۱۰۰ گرم بر لیتر کلر فعال است. بنابراین با توجه به مقدار آب جبرانی برج خنک کننده واحد کلرآلکالی و همچنین شرایط آب صنعتی، مقدار کلر مورد نیاز بشرح زیر خواهد بود.

مشخصات برج خنک کننده واحد کلرآلکالی براساس طراحی

HOLDING : 3000 m³

MAKE UP : 250 ~ 300 m³ / h

EVAPORATION : 156 m³/h

در صورتی که مقدار آب جبرانی ۲۵۰ متر مکعب در ساعت باشد، در صورتی که بخواهیم مقدار کلر آزاد در سیستم کولینگ را در محدوده 5 ppm کنترل کنیم، مقدار ۱۲۵۰ گرم کلر آزاد نیاز است. با فرض اینکه حجم آب موجود در سیستم حاوی 5 ppm کلر آزاد باشد. با توجه به اینکه آب ژاول حاوی ۱۰۰ گرم در لیتر کلر آزاد است، بنابراین مقدار ۱۲،۵ لیتر آب ژاول در ساعت مورد نیاز می باشد. حال اگر بجای آب ژاول از آب کلر دار استفاده کنیم، با توجه به اینکه در شرایط عملیاتی آب کلر دار حاوی 3000mg / lit کلر آزاد است، مقدار ۴۱۷ لیتر آب کلر دار مورد نیاز است.

همانطور که قبلاً ذکر شد آب کلر دار دارای PH حدود ۱،۵ است، یعنی هر لیتر آب کلر دار حاوی 0.03 mol / lit یون H+ است. یا عبارت دیگر هر لیتر آب کلر دار حاوی 1.66 gr / lit اسید هیپو کلرو است.

کاهش مصرف آب صنعتی در صورت استفاده از آب کلر دار در مقایسه با آب ژاول در برج خنک کننده

با توجه به اینکه آب کلر دار حاوی حدود 1500 ppm یون کلراید بوده و آب ژاول در شرایط عملیاتی حاوی بیش از 100000ppm یون کلراید می باشد، در صورت مصرف آب ژاول در برج خنک کننده واحد کلرآلکالی همانطور که گفته شد مقدار ۱۲،۵ لیتر در ساعت آب ژاول استفاده می شود که این مقدار آب ژاول حاوی 1250000 ppm یون کلراید خواهد بود، در صورتی که از آب کلر دار استفاده شود (۴۱۷ لیتر در ساعت)، مقدار 625500 ppm یون کلراید به سیستم اضافه خواهد شد.

با مقایسه مصرف آب ژاول و آب کلر دار، در صورت استفاده از آب کلر دار مقدار دور ریز برج خنک بدلیل افزایش کلراید سیستم ناشی از حضور یون کلراید، به کمتر از نصف کاهش می یابد.

استفاده از آب کلر دار در برج خنک کننده واحد کلر آلکالی بجای آب ژاول

مصرف آزمایشی آب کلر دار واحد کلر آلکالی عملاً از فروردین ماه سال ۱۳۷۹ شروع شده است و تا کنون ادامه دارد. در تمام این مدت مقدار کلر آزاد سیستم برج خنک کننده در مقدار لازم یعنی 0.1 ~ 0.8 ppm کنترل شده است.

در زمانهای مختلفی که دبی آب کلر دار تزریقی به برج خنک کننده اندازه گیری شد است، مقدار دبی در محدوده بین ۵۰۰ لیتر الی ۷۰۰ لیتر بوده است بطوریکه متوسط مصرف در محدوده ۶۰۰ لیتر است که نسبت به محاسبات انجام شده مقدار ۱۸۳ لیتر در ساعت افزایش داشته است.

جدول نتایج تست باکتری برج خنک کننده واحد کلر آلکالی

نتایج تست تعداد باکتری (TBC / Cm ³)	تاریخ
۱۴۷	۸۰/۲/۱۹
کمتر از ۳۰	۸۰/۴/۲۳
کمتر از ۳۰	۸۰/۵/۹
منفی	۸۰/۵/۲۰
کمتر از ۳۰	۸۰/۷/۴
بیش از ۱۰۰۰۰ (تعمیرات اساسی و عدم وجود آب کلر دار)	۸۰/۹/۱۰
منفی	۸۱/۱/۱۸
۶۰	۸۱/۲/۷
کمتر از ۳۰	۸۱/۳/۱۹

تزریق آب کلردار بجای آب ژاول در مجموع صرفه جویهای زیر را به دنبال دارد

این طرح در سال ۷۹ در برج خنک کننده واحد کلر آلکالی به اجرا درآمد و در مجموع با جایگزینی آب کلردار بجای آب ژاول در بقیه برجهای خنک کننده پتروشیمی بندرامام در روزهای اخیر صرفه جویی زیر را در پی خواهد داشت:

- ۱- بازیابی سالانه ۸۴۰۲۴ مترمکعب آب بدون املاح (DM)
- ۲- جلوگیری از مصرف سالانه ۷۰۰۰ تن بخار
- ۳- بازیابی ۳۰۰ تن گاز کلر و معادل آن ۴۰۵ تن اتیلن دی کلراید در سال
- ۴- جلوگیری از مصرف ۱۰۰ تن سولفیت سدیم
- ۵- جلوگیری از اتلاف سالانه ۸۰۰۰ تن سود سوزآور
- ۶- تاثیر مستقیم بر مقدار آب دورریز برجهای خنک کننده

منابع و مراجع

۱. اسناد واحد کلرآلکالی (اسناد شرکت دنورا)
2. BETZDEARBORN HANDBOOK OF INDUSTRIAL WATER CONDITIONING
3. THE CHEMICAL TREATMENT OF COOLING WATER BY: JAMES W. McCOY
۴. تجربیات نویسنده در خصوص بهسازی و کنترل بیولوژیک برجهای خنک کننده