

نویسنده: بروس نلسون

مترجم: مهندس شعبانی فر

ویراستار: مهندس حمید بخشی

مقایسه ساخت اوپراتورهای آمونیاکی و انتخاب بهترین نوع

مقدمه

کارخانه های سازنده اوپراتورهای آمونیاکی صنعتی، اوپراتورهایی با مواد و مصالح مختلف تولید می کنند که شامل: اوپراتور گالوانیزه، اوپراتور با جنس لوله استیل با فینهای آلومینیومی و یا لوله و فینهای استیل، اوپراتور با لوله و فینهای آلومینیومی و نیز اوپراتور با روکشهای ضد خوردگی است. ممکن است انتخاب مناسبترین نوع اوپراتور برای کارخانه یا فرآیند موردنظر موجب سردرگمی شده و با این سوال مواجه شویم که کدام یک از این نوع اوپراتورها برای پروژه ما مناسب تر است؟ مواد اولیه مورد استفاده در شیوه های ساخت - که در بالا به آنها اشاره شد- هرکدام دارای خصوصیات منحصر بفردی هستند که بر عملکرد برودتی، وزن، انرژی دیفراسست، مقاومت در برابر خوردگی و قیمت تمام شده اوپراتور تاثیر می گذارند. بازده برودتی و کارایی مناسب اوپراتور، اثر مثبت مستقیمی بر بازگشت سرمایه کارخانه دارد. وزن اوپراتورها، بویژه در مناطق زلزله خیز، می تواند بر ساختار سقف ساختمان و اوپراتور آویز آن تاثیر بگذارد. در کارخانه های صنایع غذایی که از شوینده های شیمیایی بسیار قوی بر روی اوپراتورها استفاده می شود مقاومت مناسب در برابر خوردگی بسیار ضروری است. در این مقاله انواع مختلف اوپراتورها با ویژگی آن مورد بررسی قرار گرفته و توصیه هایی در جهت انتخاب بهترین نوع اوپراتور در کاربردها و محیطهای کاری خاص ارائه شده است.

سوابق

اوپراتورهای مورد استفاده در سیستمهای آمونیاکی سستی با استفاده از فلز آهن و روی بصورت گالوانیزه شده ساخته می شوند. استیل و آلومینیوم، فلزات دیگری هستند که سازگاری خوبی با آمونیاک دارند.

اشتغال ذهنی طراحان و نصابهای اوپراتورهای آمونیاکی مربوط به قیمت، وزن، عملکرد و ایمنی دستگاهها است. بعلاوه، ممکن است مشخصات دیگری همچون مقاومت در برابر خوردگی، قابلیت شستشو و دیفراست نیز وجود داشته باشند که باید آنها را مد نظر قرار داد.

آلومینیوم انتخاب مناسبی برای لوله و فین است. زمانیکه این فلز بطور مستقیم در معرض آمونیاک قرار می گیرد اثری بر روی سطح آن ندارد (بخاطر لایه اکسید حفاظتی که ایجاد می شود). این موضوع، دلیل استفاده گسترده از آلومینیوم در اوپراتورها، لوله کشی، و مخازن آمونیاکی است. خصوصیات آلومینیوم همچنین، آن را تبدیل به فلزی ایده آل جهت ساخت فینها کرده است. آلومینیوم ارزان قیمت و سبک بوده، انتقال حرارتی بالایی داشته و در برابر خوردگی مقاوم است.

برخی از خصوصیات استیل، این فلز را تبدیل به انتخاب خوبی برای لوله در مبدلهای حرارتی آمونیاکی نموده است. این فلز مقاومت کششی بالایی دارد که به این دلیل می توان آنرا در فشارهای کاری بالا استفاده کرد. همچنین مقاومت زیادی در برابر خوردگی دارد که احتمال نشتی آمونیاک در محیطهای کاری سخت را به حداقل می رساند. این فلز همیشه در دسترس بوده و استفاده زیادی از آن در لوله کشی، مخازن و تجهیزات مربوط به صنایع غذایی می شود. همچنین براحتی در محل با جوشکاری تعمیر می شود.

وجوه منفی استفاده از استیل در اوپراتورها، قیمت نسبی بالا و انتقال حرارتی بسیار کم است. این ویژگیهای منفی را می توان با الف) استفاده از ضخامت لوله هماهنگ با فشار کاری مورد نیاز سیستم و ب) استفاده از فلزی با هدایت پذیری بیشتر مانند آلومینیوم برای فین، جبران کرد.

با استفاده از این فلزات، سه نوع طرز ساخت اواپراتور رایج است که در بسیاری از کارخانجات سازنده قابل مشاهده است:

۱- اواپراتور گالوانیزه شده (Stl/ Zn).

۲- اواپراتور با لوله از جنس استیل و فین از جنس آلومینیوم (SST/Al)

۳- اواپراتور با لوله و فین آلومینیومی (Al/ Al)

تصمیم گیری در مورد بهترین انتخاب از میان این فلزات و روش ساخت در کاربردها و وظایف مفروض می تواند موجب اشتباهاتی گردد. برای پاسخ به این سوال که کدامیک بهترین است، این مقاله، مقایسه ای بین ساختار و خصوصیات در سه نوع مذکور انجام داده است که شامل موارد زیر است:

- مقاومت کششی
- هزینه/ قیمت
- وزن
- عملکرد
- دیفراسست
- مقاومت در برابر خوردگی
- اطمینان لازم از لحاظ ایمنی

مقایسه خواص ساختاری

در جدول ۱ خصوصیات استیل و آلومینیوم با آهن و روی مقایسه شده است. چون اواپراتور گالوانیزه شده از طریق مغروق نمودن کوپل آهنی در حوضچه ای از روی مذاب بدست می آید، از اینرو خواص این دو فلز پایه در جدول آورده شده اند.

جدول ۱: خصوصیات فلزات مختلف

استحکام کششی ksi	ظرفیت حرارت ویژه Btu/lbm F	هدایت پذیری حرارتی Btu/sq ft h F ft	چگالی lbm/cu ft	فلز
47	0.107	26	490	آهن
21	0.094	65	445	روی
70	0.120	9.4	501	استیل
14	0.215	117	165	آلومینیوم

چگالی فلز رابطه مستقیمی با وزن اواپراتور دارد و در صورتیکه در گرمای ویژه فلز ضرب شود، مقدار انرژی مورد نیاز برای گرم کردن و یا سرد کردن مبدل حرارتی در مقطع دیفراسست و یا سردسازی اواپراتور حاصل می شود.

ضریب انتقال حرارت فلز بر عملکرد حرارتی اواپراتور و همچنین بر سرعت و تاثیر دیفراسست موثر است.

مقاومت کششی فلز جهت فشار گسست لوله های اواپراتور و کلکتورها در انتخاب ضخامت مفروض لوله تعیین کننده است. جالب توجه است بدانید که فلزات مختلف، رفتار متفاوتی را در دماهای پایین نشان می دهند. آهن در دماهای پایینتر از 20 F- شکننده می شود که در طراحی اواپراتورهای گالوانیزه برای دماهای کمتر از 20 F-، جهت جلوگیری از صدمات ناشی از شکنندگی، باید عواملی همچون استفاده از مواد اولیه مطمئن، ازدیاد ضخامت لوله، و تستهای پس از جوش انجام شود که البته در عملیات آبکاری، تنشهای ناشی از جوشکاری رفع می گردد. جدول ۲ محدوده معمولی دمای مجاز را برای فلزات مختلف نشان می دهد.

جدول ۲: محدوده معمول دمای مجاز چند فلز

محدوده نرمال دمای مجاز F	فلز
۲۰- تا ۵۰۰+	آهن
۳۲۰- تا ۳۰۰+	استیل
۴۵۲- تا ۴۰۰+	آلومینیوم

• برگرفته از ASME Pressure Vessel Code, section II, Part D

از جدول ۲ مشخص است که آلومینیوم و استیل در مقایسه با گالوانیزه، عملکرد مناسبی در دمای پایین دارند.

مقایسه فشار کاری

فشار کاری ماکزیمم مجاز (MAWP) یکی از پارامترهای مهم در طراحی است که برای اطمینان از کارکرد صحیح بخشهای تحت فشار سیستم برودتی در فشارهای ماکزیمم طراحی، می بایست توسط طراح (یا تولیدکننده) منظور گردد. استاندارد (IIAR 2008) NSI/IIAR 2-2008 برای کویل‌های اواپراتورهای هوایی عنوان می کند که:

"حداقل فشار طراحی باید 150 psig (1030 kPa) باشد و در زمانی که دیفرانسیل اواپراتور از نوع گاز داغ باشد حداقل فشار طراحی باید از بین 250 psig (1720 kPa) و فشار طراحی منبع گاز داغ فشار بالا، هرکدام که بزرگتر است انتخاب شود" (بخش ۸.۱.۱.۱).

همچنین این استاندارد برای کندانسورهای آمونیاکی هوایی بیان می کند که:

"حداقل فشار طراحی باید 300 psig (2070 kPa) باشد" (بخش ۷.۱.۱.۱).

MAWP مخازن تحت فشار (لوله های اواپراتور) را می توان با در دست داشتن پارامترهای قطر، ضخامت دیواره، مقدار مجاز خوردگی، فشار مجاز ماکزیمم و راندمان اتصالات، براحتی از بخش کدینگ مخازن فشار ASME محاسبه کرد. در جدول ۳، مقادیر محاسبه شده MAWP برای لوله با مواد مختلف با قطر 7/8" (22 mm) و ضخامت متداول نشان داده شده است.

جدول ۳: فشار ماکزیمم مجاز برای پوسته های تحت فشار داخلی

(محاسبات بر مبنای ASME SECTION VIII, 2002 ADDENDA, UG-27)

مقدار فشار مجاز ماکزیمم (PSI) (S)	فشار مجاز ماکزیمم، psig (P)	فشار محاز ماکزیمم، bar (P)	مقدار مجاز خوردگی، in	جنس لوله	قطر لوله (in)
14200	738.2	51	0.002	SST	7/8
13400	1284.7	88	0.002	CS	7/8
3400	443.7	31	0.002	Alum	7/8

همانطور که در جدول مشخص است MAWP محاسبه شده برای همه فلزات مقایسه شونده، بیشتر از 300 psig است که در ANSI/ IIAR-2 بدان اشاره شده است.

مقایسه قیمت تمام و وزن

وزن و قیمت تمام اواپراتور مشخصاً در انتخاب نوع مناسب آن برای هر پروژه ای بسیار مهم است. قیمت آهن نسبت به استیل و آلومینیوم کمتر است. ولی قیمت آلومینیومی با دانسیته کم با آهن چندان تفاوتی ندارد. از آنجاییکه استیل دارای مقاومت کششی بالایی است (به جدول ۱ رجوع کنید) می توان ضخامت لوله استیل را بدون هیچ نگرانی کمتر کرد تا در نتیجه هزینه لوله به ازای هر فوت کاهش یابد. در ساخت اواپراتوری با لوله استیل و فین آلومینیومی نیازی به فرآیند گران آبکاری گالوانیزه گرم نیست، چون اینکار باعث می شود که هزینه تمام شده آن با آهن برابر شود.

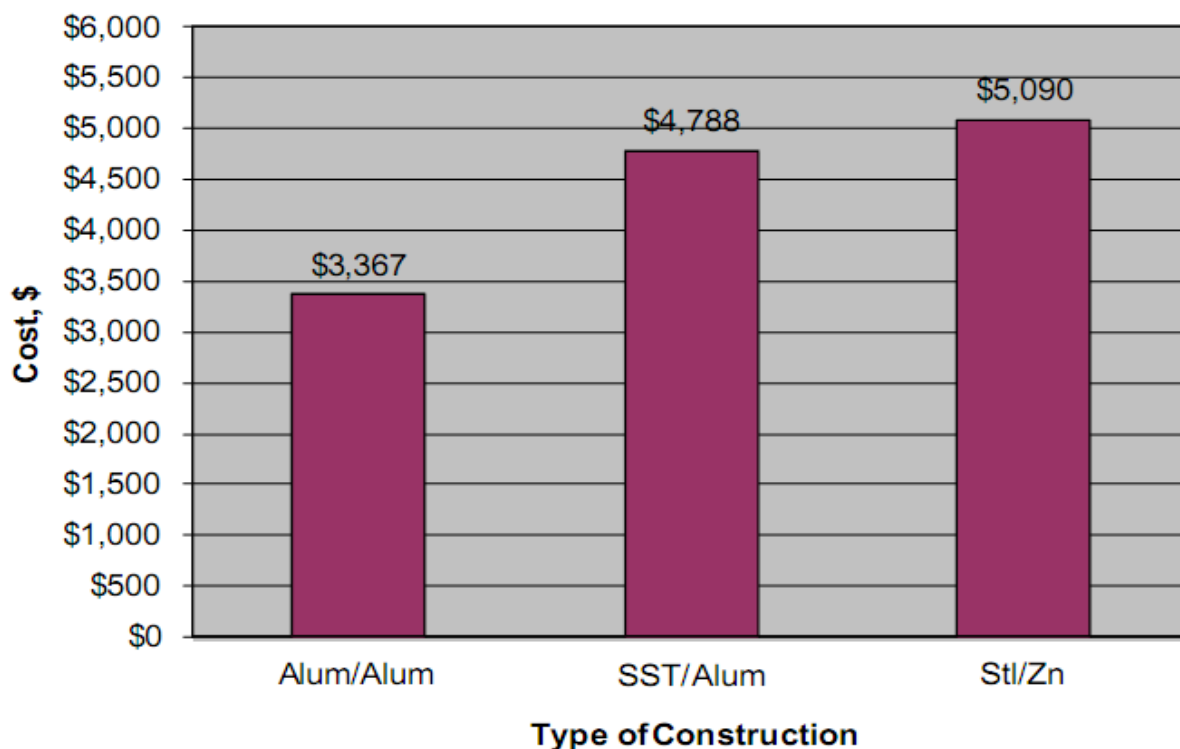
بمنظور مقایسه دقیق سه نوع روش ساخت (Stl/Zn, SST/Al, Al/Al) هزینه و وزن نسبی (با استفاده از قیمت روز مواد) برای بلوک کویل یک مدل از اواپراتور آمونیاکی با خصوصیات زیر محاسبه شده و ارایه می گردد:

- (22mm) 7/8" قطر لولها
- 45" FH * 162" FL (1143 mm FH * 4115mm FL) – 8 ROWS - 4FPI
- ظرفیت برودتی تقریبی = 15 TR (53 kW)

هزینه:

در شکل ۱ هزینه سه نوع از روش ساخت با همدیگر مقایسه شده است. همانطور که در بالا اشاره شد دانسیته کم آلومینیوم بعلاوه ی قیمت نسبی پایین آن، روش تولید اواپراتور Al/Al را تبدیل به ارزاترین نوع اواپراتور کرده است.

شکل ۱: مقایسه قیمت تمام کویل آمونیاکی در مدلی مشابه 7/8 45" * 162"-8R-4F



از این مقایسات نتایج زیر حاصل می شود:

- ۱- روش ساخت اواپراتور گالوانیزه گرانترین نوع است
- ۲- هزینه نهایی روش ساخت استیل و فین آلومینیوم اندکی کمتر از اواپراتور گالوانیزه است.
- ۳- AL/Al گرانترین نوع روش ساخت است:
- بلوک کویل آن در مقایسه با بلوک کویل Stl/Zn، ۲۵ تا ۳۰ درصد ارزانتر است.
- اواپراتور کامل آلومینیومی در مقایسه با اواپراتور گالوانیزه ۱۲ تا ۱۵ درصد ارزانتر است.

وزن؛

چگالی یا دانسیته بسیار پایین آلومینیوم، آنرا تبدیل فلزی ایده آل در ساخت فین اواپراتور کرده است، بویژه در مواردیکه وزن در آن عامل مهمی بشمار می رود. جدول شماره ۱ دانسیته های آهن، روی و آلومینیوم را نشان می دهد. دانسیته آهن و روی

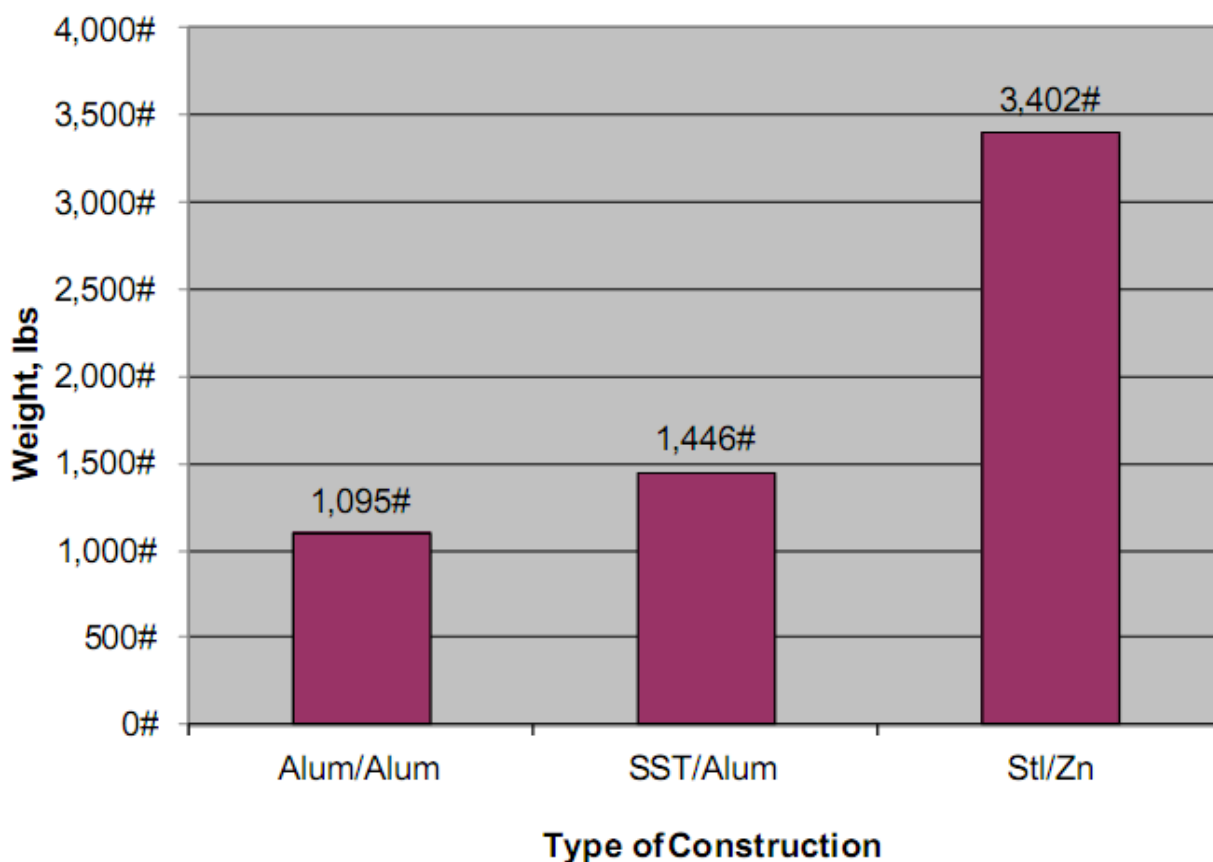
(گالوانیزه) تقریباً ۳ برابر بیشتر از دانسیته آلومینیوم است. در یک اواپراتور، فینها تقریباً نصف وزن کل بلوک کوئل را تشکیل می دهند. وزن باقیمانده بلوک کوئل بیشتر به لوله ها و کلکتورها اختصاص دارد.

استحکام کششی و مقاومت ساختاری آلیاژ لوله و کلکتور، بر مقدار ضخامت مورد نیاز جهت یک فشار کاری مفروض موثر. هرچه استحکام کششی بیشتر باشد ضخامت مجاز و وزن لوله کمتر خواهد بود. از جدول شماره ۱ مشخص است که در فشار ماکزیمم و فشار کاری طراحی شده مفروض، لوله استیل در مقایسه با لوله آهنی دارای ضخامت و وزن کمتری است.

با انتخاب صحیح لوله استیل با فین آلومینیومی، بلوک کوئلی ایجاد می شود که درمقایسه با بلوک کوئل گالوانیزه شده با همان سایز بسیار سبکتر است. بلوک کوئلی که از لوله و فین آلومینیومی ساخته شده بمراتب وزن سبکتری نسبت به هردو دارد. شکل ۲ وزن محاسبه شده را برای سه نوع روش ساخت نشان می دهد.

همانطور که در شکل ۲ می توان دید، وزن محاسبه شده برای بلوک کوئل گالوانیزه شده (Stl/Zn) (وزن ۳۴۰۲ پوند)، ۲.۴ برابر بیشتر از بلوک کوئلی با لوله استیل و فین آلومینیومی (SST/Alum) بوده و ۳.۱ برابر بیشتر از بلوک کوئلی با لوله و فین آلومینیومی (Al/Al) با ابعاد مشابه است.

شکل ۲: مقایسه وزنی اواپراتور آمونیاکی در مدلی مشابه (7/8 45" * 162"-8R-4F)



اواپراتور غالباً در سقف سردخانه نصب می شود. وزن آن تاثیر چشمگیری بر طراحی شاسی آویز آن و استراکچر ساختمان داشته و در نواحی زلزله خیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. اواپراتور SST/Al و بویژه Al/Al تکنولوژی جایگزین جدیدی را بجای اواپراتورهای گالوانیزه شده سنگین و سنتی برای معماران و مهندسين ارایه می دهد. مزیت وزن می تواند باعث کاهش چشمگیر هزینه در شاسی آویز و ساختار ساختمان گردد.

همچنین وزن سبکتر اواپراتورهای SST/Al و Al/Al ایمنی بیشتری را برای کارگران و نصابها در زمان نصب و راه اندازی فراهم می کند. تصور مزایای ایمنی نصب اواپراتور با وزنی حدود ۲۰۰۰ پوند در ساختمانی با ارتفاع سقف ۲۵ فوت در مقایسه با اواپراتور گالوانیزه شده با وزن ۵۰۰۰ پوند یا بیشتر با ظرفیت مشابه بسیار راحت است.

مقایسه بازدهی و عملکرد

ضریب انتقال حرارتی آلومینیوم چهارونیم برابر بزرگتر از آهن و دو برابر بزرگتر از روی است. هدایت حرارتی جنس فین، اثر مستقیمی بر بازدهی انتقال دما دارد. هرچه این هدایت بیشتر باشد بازدهی بهتر است. آلومینیوم در انتقال حرارتی موثر به آهن گالوانیزه شده ارجحیت دارد. بازدهی یک اواپراتور آمونیاکی Al/Al تقریباً ۱۲ تا ۱۴ درصد بالاتر از اواپراتور Stl/Zn با ابعاد مشابه است. یک اواپراتور آمونیاکی SST/Al بدلیل هدایت حرارتی ضعیف لوله استیل بازدهی کمتری نسبت به Al/Al دارد، ولی این اواپراتور ۱۰ تا ۱۲ درصد راندمان بالاتری نسبت به اواپراتور Stl/Zn با همان ابعاد دارد.

ظرفیت دهی بالاتر برودت اواپراتور با جنس Al/Al و SST/Al در مقایسه با Stl/Zn، به طراح این امکان را می دهد که یکی از این دو مورد را انتخاب کند: الف) انتخاب اواپراتوری با ردیف کمتر و یا فاصله فین بیشتر برای رسیدن به هزینه تولید کمتر و یا ب) استفاده از اواپراتوری با ابعاد مشابه (تعداد ردیف و فاصله فین مشابه) و کار در فشار مکش بالاتر برای رسیدن به هزینه های بهره برداری و راهبری کمتر.

مقایسه انرژی لازم برای دیفراست

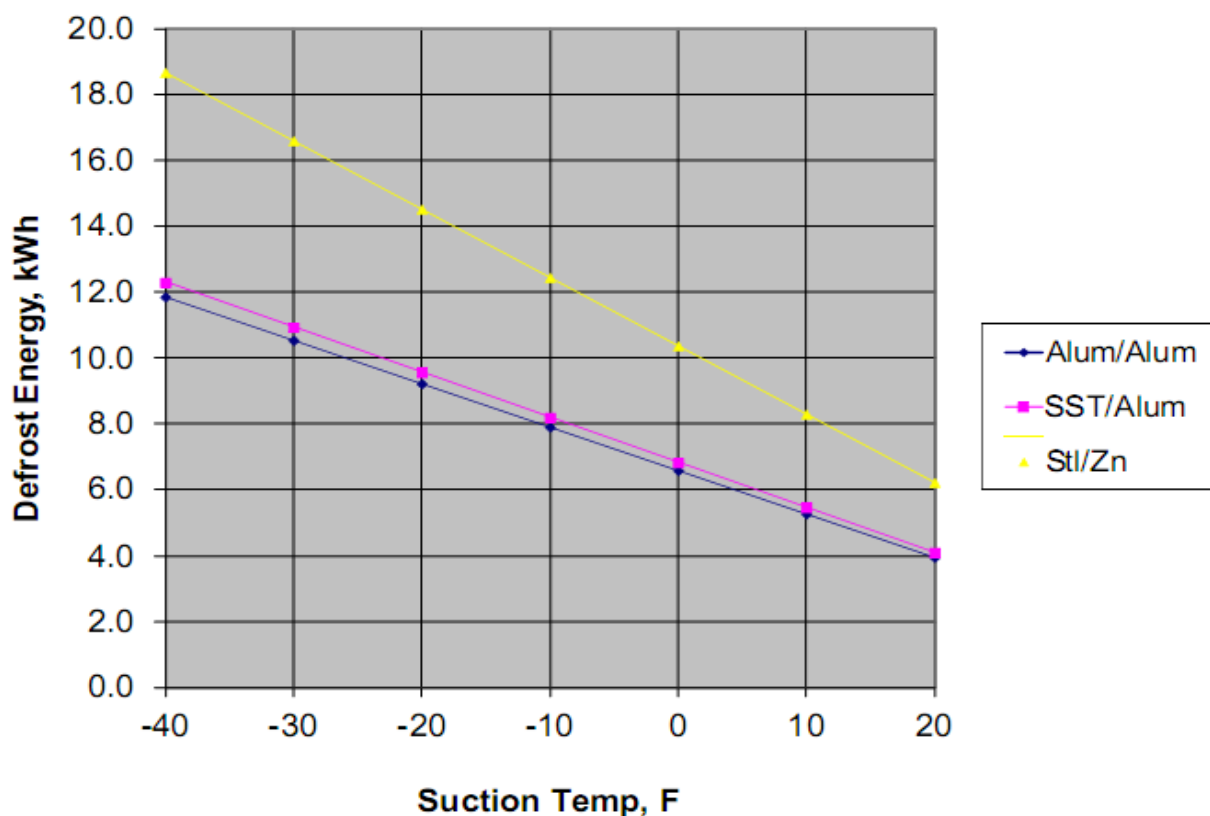
ضریب انتقال حرارتی بالای فینهای آلومینیومی، دیفراستهای سریعتر و موثرتری را در مقایسه با فین گالوانیزه شده تولید می کند. دیفراست اواپراتورهای SST/Al و Al/Al سریعتر و بهتر از اواپراتور Stl/Zn است.

اواپراتورهای SST/Al و Al/Al انرژی دیفراست بهتری نسبت به اواپراتورهای Stl/Zn دارند. در دیفراست یک اواپراتور برودت، برای گرم کردن جرم فلز به دمایی بالاتر از دمای دیفراست و سپس برای خنک کردن دمای فلز به دمای کار پس از دیفراست، انرژی و هزینه قابل توجهی صرف می شود. اگر دانسیته فلز در ضریب انتقال حرارت ضرب شود، انرژی موردنیاز برای افزایش دمای (یا کاهش دما) اواپراتوری با حجم مفروض به اندازه یک درجه بدست می آید.

باتوجه به این تحلیل، مقایسه ای بین اواپراتورهای نمونه ما انجام گرفت. شکل ۳ مقدار انرژی موردنیاز برای حرارت بلوک کویل از دمای مکش به 50 F و سپس خنک کردن مجدد آن را نشان می دهد. این مقدار انرژی در هر سیکل از دیفرانست مصرف می شود.

شکل ۳: انرژی لازم برای دیفرانست برای افزایش و یا کاهش دما

در مدلی مشابه (7/8 45" * 162"-8R-4F)



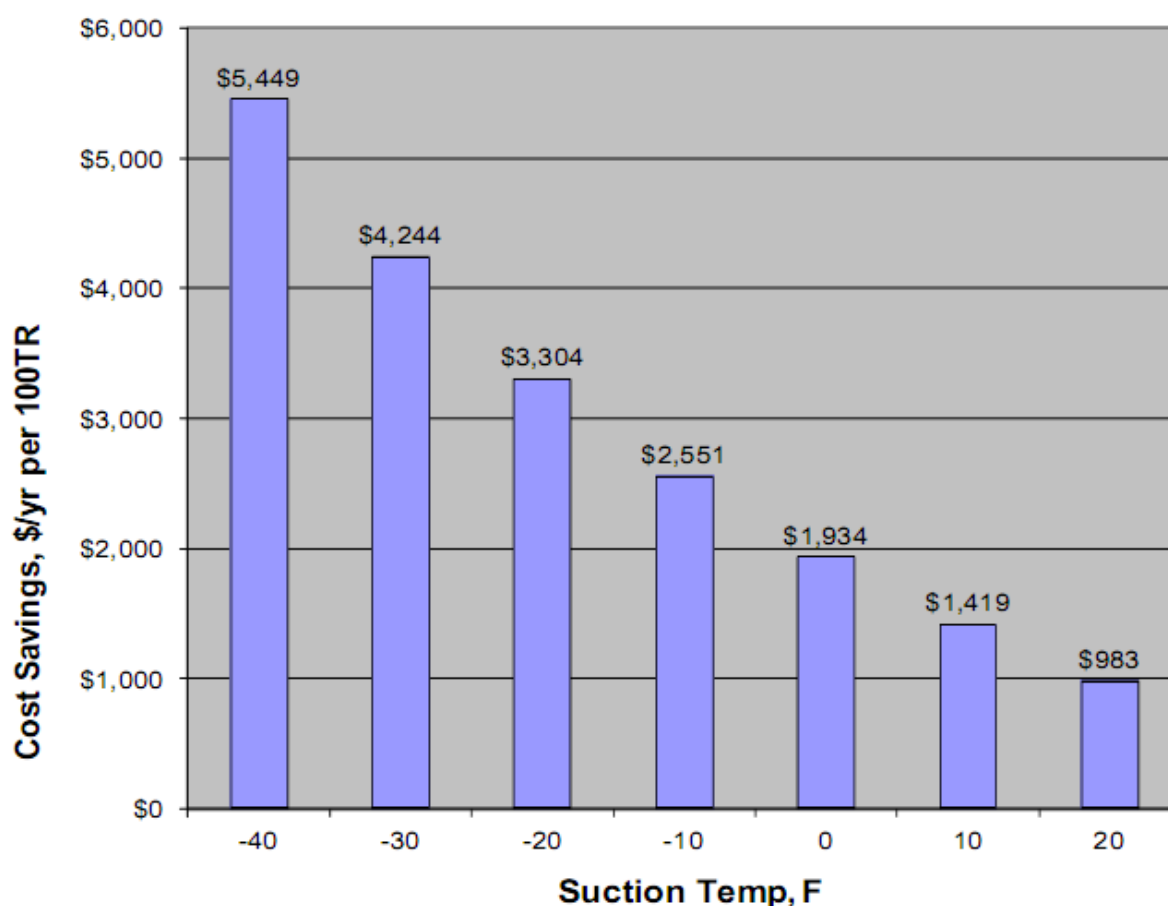
همانطور که در شکل ۳ مشخص است، بلوکهای کویل Al/Al و SST/Al در مقایسه با بلوک کویل Stl/ Zn انرژی بسیار کمتری برای افزایش و کاهش دما در طول دیفرانست مصرف می کنند (حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد). این مقدار انرژی کاسته شده که برای افزایش و کاهش دمای فلز مصرف می شود، در مقایسه با اواپراتور Stl/Zn با مصرف انرژی متداول، منجر به صرفه جویی قابل توجهی در هزینه های راهبری و بهره برداری سیستم خواهد شد.

صرفه جویی در هزینه های انرژی لازم برای دیفراست

این تفاوت در مصرف انرژی را با فرض تعداد دیفراستها در یک روز، تعداد روزهای کارکرد در هر سال و بهای نرخ مصرف برق، می تواند به صرفه جویی در هزینه بهره برداری منجر گردد. برای مثال در شکل ۴، اواپراتوری با ظرفیت 100TR (350 kW)، با فرض ۶ بار دیفراست در روز، مقدار مصرف 0.10 kWh دلار، ضریب عملکرد یا COP معمول یک کمپرسور اسکرو (با فرض دیفراست گاز داغ)، و تنظیم رگولاتور فشار دیفراست گاز داغ 74.3 psig (50 F) مورد بررسی قرار گرفته و صرفه جویی در هزینه های دیفراست نشان داده شده است.

شکل ۴: صرفه جویی هزینه سالیانه دیفراست در اواپراتورهای Al/Al و Stl/Zn

صرفه جویی هزینه \$/yr (دلار در سال) به ازای هر 100TR و با دماهای گوناگون انبار با سیستم دیفراست گاز داغ



مقایسه مقاومت در برابر خوردگی

خوردگی اواپراتور بر اثر تماس یا نزدیکی با مواد خوراکی، مساله مهمی در کارخانجات مواد غذایی به شمار می رود. همه مواد غذایی کم و بیش اسیدی هستند. آلومینیوم و استیل در مقایسه با آهن گالوانیزه، مقاومت بیشتری را در برابر خوردگی در موارد زیر نشان می دهند:

- اسید استیک و اسید سیتریک (محصولات لبنی، مرکبات)
- اسیدهای چرب (عوامل آنتی کیک، روغنها)
- اسیدهای لاکتیک (نان، شیرینی جات، نوشیدنی ها، تخمیر، خون)

آلومینیوم نیز در مقایسه با آهن گالوانیزه مقاومت خوردگی زیادی در موارد زیر دارد:

- سدیم کلراید (گوشت و سبزیجات)
- دی اکسید گوگرد (انگور)

آهن گالوانیزه و آلومینیوم برای اواپراتورهایی که در معرض نیتريتها (گوشتهای نمک سود یا دودی) هستند توصیه نمی شوند. برای اینگونه محیطها، استیل پیشنهاد می شود.

بطور کلی در محیطهایی که نگرانی اصلی در مورد خوردگی اواپراتور بخاطر تماس با مواد غذایی است، آلومینیوم و استیل فلزات بهتری نسبت به آهن گالوانیزه هستند.

مواد شیمیایی برای شستشو

برای کنترل آلودگی مواد غذایی در کارخانه های فرآوری، ترکیبات شیمیایی مختلفی برای نظافت و ختنی سازی بکار می رود. نظافت به برطرف کردن آلودگیهای ارگانیک (چربیها و روغنها) و یا آلودگیهای غیرارگانیک (لکه ها یا رسوبهای معدنی) گفته می شود. ختنی سازی به پروسه برطرف کردن یا انهدام و بی تاثیر نمودن پاتوژنها (عوامل بیماریزا) در سطوح تمیزشده اطلاق می شود.

مطابق با مقررات USDA این دو پروسه، یعنی نظافت و خثی سازی، باید بطور جداگانه انجام شوند. مواد شیمیایی لازم برای نظافت و خثی سازی در صنعت فرآوری مواد غذایی به چهار گروه تقسیم می شوند:

۱- اسیدی

۲- دارای خاصیت قلیایی قوی

۳- دارای خاصیت قلیایی کم

۴- با پایه کلرین

روی، آلومینیوم و استیل واکنش متفاوتی به این مواد شیمیایی دارند. احتمال دارد در برخی موارد خوردگی شدید و تخریب فلز اتفاق بیفتد. بطور کلی، خوردگی و مقدار تخریب فلز با موارد زیر افزایش می یابد:

- افزایش دما

- افزایش غلظت

- در معرض بودن طویل المدت

- افزایش هوا در محیط

در زیر خلاصه ای از چگونگی واکنش هریک از این مواد در محیطهای مختلف و توصیه هایی مربوط به انتخاب صحیح مواد شیمیایی موردنیاز برای شستشو و خثی سازی این مواد ارائه شده است.

آلومینیوم

موارد کلی

- زمانیکه فلز در معرض هوا قرار می گیرد، لایه اکسید محافظتی بسرعت تشکیل می شود که در محدوده PH ۴ تا ۹ بسیار پایدار است.
- زمانیکه آلومینیوم در معرض مواد شوینده ای با خاصیت قلیایی قوی همچون سود سوزآور (هیدروکسید سدیم) قرار گیرد سریعاً خورده می شود.
- آلومینیوم همچنین توسط اسیدهای قوی و مواد شوینده با پایه کلرین نیز مورد حمله قرار می گیرد (هیپوکلریت سدیم غلیظ).

شستشو

- برای برطرف کردن چربیهای حیوانی (لکه های ارگانیک) مواد شوینده کف کننده با خاصیت قلیایی کم توصیه می شود (بعنوان مثال ZEP FS Strike Three, ZEP FS Foamate).
- برای برطرف کردن لکه ها و رسوبها (لکه های غیرارگانیک)، مواد شوینده کف کننده با خاصیت اسیدی کم توصیه می شود (پایه اسید فسفریک با $PH > 4$) (بعنوان مثال ZEP Formula 7961).

ختی سازی

- ختی کننده های اسپری نوع آمونیم چهارجزیی توصیه می شود. بعنوان مثال: ZEP ZEP Amine A ،FS Amine Z
- استفاده از هیپوکلریت سدیم غلیظ می تواند موجب متخلخل شدن آلومینیوم شود که برای ختی سازی توصیه نمی شود.

استیل

- کرومیوم موجود در استیل، لایه نازک غیرفعال غلیظی را تشکیل می دهد که در دامنه گسترده ای از PH بسیار پایدار است.
- این آلیاژها در مقابل مواد شوینده با خاصیت قلیایی زیاد همچون سود سوزآور مقاوم هستند (هیدروکسید سدیم).
- نمکهای هالوژن دار (کلریدهای اولیه) بر لایه غیرفعال نفوذ کرده و می تواند موجب متخلخل شدن و یا ترک و سوراخ ناشی از تنش خوردگی شوند.
- در صورتیکه استیل در معرض هیدروکلریت سدیم یا محلولهای اسید هیدروکلریک با غلظتهای بالا قرار گیرد متخلخل شده و یا ترک و سوراخ ناشی از تنش خوردگی در سطح استیل نمایان می گردند.

شستشو

- برای برطرف کردن چربیهای حیوانی (لکه های ارگانیک)، مواد شوینده کف کننده با خاصیت قلیایی کم توصیه می شود. بعنوان نمونه: ZEP FS Strike Three ، فوم ZEP FS
- برای برطرف کردن لکه ها و رسوبها (لکه های غیرارگانیک)، مواد شوینده کف کننده با خاصیت اسیدی کم (پایه اسید فسفریک با $PH > 4$) توصیه می شود. بعنوان مثال ZEP Formula 7961

ختی سازی

- ختی کننده های پاششی از نوع آمونیم چهارجزیی توصیه می شود. بعنوان مثال: ZEP Amine A ، ZEP FS Amine Z
- استفاده از هیپوکلریت سدیم غلیظ می تواند موجب تخلخل و ترک و سوراخ ناشی از تنش خوردگی شود که برای ختی سازی توصیه نمی شود.

روی (استیل گالوانیزه شده)

موارد کلی:

- در معرض هوا، لایه اکسیدی بسرعت تشکیل می شود که در محدوده PH ۷ تا ۱۲ پایدار است.
- روی، زمانیکه در معرض محلولهای اسیدی و حتی محلولهای اسیدی با خاصیت ضعیف قرار می گیرد بسرعت خورده می شود.
- این فلز در تماس با شوینده های قلیایی همچون سود سوزآور (هیدروکسید سدیم) مقاومت زیادی در برابر خوردگی نشان می دهد.

شستشو

- برای برطرف کردن چربیهای حیوانی (لکه های ارگانیک)، مواد شوینده کف کننده با خاصیت قلیایی کم توصیه می شود. بعنوان نمونه: ZEP FS Strike Three ، ZEP FS
- انواع مختلف شوینده های اسیدی ($PH < 7$) منجر به تخریب سریع این فلز شده و باید از بکارگیری این شوینده ها برای این فلز اجتناب کرد. برطرف کردن لکه ها و رسوبات (لکه های غیرارگانیک) با این مواد شوینده بسیار مشکل است.

خنثی سازی

- خنثی کننده های اسپری نوع آمونیم چهارگانه توصیه می شود. بعنوان مثال: ZEP FS
ZEP Amine A ،Amine Z
- استفاده از هیپوکلراید سدیم توصیه نمی شود.

مقایسه از لحاظ قابل اطمینان بودن

در بررسی جدیدی که بر روی کاربران نهایی تبرید آمونیاکی انجام شده مشخص شد که ۹۵ درصد از نشتیهای آمونیاک در اتصالات فلنجی لوله ها که شامل اتصال کویلهاست رخ می دهد. در روش ساخت Stl/Zn و SST/Al، اتصالات کویلها از نوع جوشی بوده و نشتی آمونیاک بسیار کم است. در اتصالات کویلهای Al/Al متداول، از نوعی فلنج دی الکتریک استفاده می شد که همیشه مستعد نشتی است. در حال حاضر تکنولوژی جدیدی ارائه شده است که در آن نیازی به اتصالات فلنجی کویل در اواپراتور Al/Al نیست. طراحان از طریق پروسه اتصال متالوژیکی اختصاصی، تحولی را از ذوب آلومینیوم و اتصال به آهن یا استیل جهت وصل به لوله کشی آهنی سیستم (یا استیل) ایجاد کرده اند که دیگر نیازی به پیچ، گاسکت و فلنج نیست. این تکنولوژی جدید در شکل ۵ و ۶ نشان داده شده است.

شکل ۵: فلنج متداول و تکنولوژی Colmac BiM



شکل ۶: اواپراتور Al/Al با اتصالات Colmac BiM



نتیجه گیری

در این مقاله سه نوع ساخت اواپراتورهای آمونیاکی (Al/Al, SST/Al و Stl/Zn) بررسی و با همدیگر مقایسه شد.

۱- نتیجه گیری شد که روش ساخت Al/Al دارای:

الف) کمترین هزینه اولیه

ب) سبکترین وزن

ج) بازدهی بهتر

د) کمترین هزینه بهره برداری و راهبری است.

۲- برخلاف اواپراتورهای Stl/Zn که شکننده شده و نیاز به ملاحظات طراحی ویژه ای دارند، اواپراتورهای SST/Al و Al/Al مقاومت بالای خود را حفظ کرده و حتی در دماهای بسیار پایین شکننده نمی باشند.

۳- اگر اواپراتورهای آمونیاکی Al/Al در کارخانجات صنایع غذایی نصب شده و در معرض مواد شوینده و خثی کننده قرار گیرد:

الف) باید از شوینده هایی با خاصیت قلیایی قوی ($\text{pH} > 10$) اجتناب کرده و از شوینده های کف کننده با خاصیت قلیایی ضعیف استفاده نمود.

ب) باید از خثی کننده های پایه هیپوکلریت سدیم اجتناب کرده و از خثی کننده های آمونیومی چهارجزیی استفاده نمود.

Bibliography

Alum Assoc 1994. "Guidelines for the use of Aluminum with Food and Chemicals". Sixth Edition. The Aluminum Association, WA DC.

Carpenter 1987. "Selecting Carpenter Stainless Steels". Carpenter Technology Corporation, Reading, PA. pp 211.

Davis J.S. 1999. "Corrosion of Aluminum and Aluminum Alloys", ASM International, Materials Park, OH

IIAR 2008. Standard ANSI/IIAR 2-2008 "Equipment, Design, and Installation of Closed-Circuit Ammonia Mechanical Refrigerating Systems. International Institute of Ammonia Refrigeration. Alexandria, VA

NACE 1985. "Corrosion Data Survey". National Association of Corrosion Engineers, Houston, TX.

Nelson, B. 2003. "Made for Ammonia". BNP Media, Troy, MI. Process Cooling & Equipment, July-August 2003.

Nelson, B. 2007. "Five Advantages of Aluminum Evaporators". BNP Media, Troy, MI. Process Cooling & Equipment, January-February 2007, pp 25.

Stencel, M. 1992. "Relative Performance of Aluminum and Galvanized Steel Evaporators". International Institute of Ammonia Refrigeration. Alexandria, VA. IIAR 14th Annual Meeting Proceedings, pp 197.

Stencel, M. 1993. "Aluminum and Galvanized Steel Evaporators: Effects of the Operating Environment". International Institute of Ammonia Refrigeration. Alexandria, VA. IIAR 15th Annual Meeting Proceedings, pp 264.