شرکت دانش بنیان

پارسیان ثریا سازان (پارثکو)

عوامل مؤثر در طراحی فلر

با نزدیک شدن به مشخصات یک سیستم فلر، باید از عوامل خاصی که بر اندازه، ایمنی، انطباق با محیط زیست و هزینه تأثیر می‌گذارند آگاهی داشت. عوامل اصلی مؤثر بر طراحی سیستم فلر عبارتند از:

- نرخ جریان
- ترکیبات گاز
- دمای گاز
- فشار گاز
- هزینه‌های سیالات یوتیلیتی و در دسترس بودن
- الزامات ایمنی
- الزامات زیست محیطی
- الزامات اجتماعی

اطلاعات مربوط به هر یک از این عوامل فوق معمولاً در دسترس طراح کارخانه و/یا مالک کارخانه است. این عوامل الزامات سیستم فلر را مشخص می‌کنند و باید در اولین مراحل طراحی در دسترس طراح فلر قرار گیرند.

در بررسی فهرست فاکتورها، مشاهده می‌شود که چهار عامل اول همگی توسط منبع(های) گازی که به داخل هدر فلر تخلیه می‌شود تعیین می‌شوند. عامل بعدی به طراحی خود تاسیسات و موقعیت مکانی آن مربوط می‌شود. الزامات ایمنی، زیست محیطی و اجتماعی همگی به دستورات نظارتی، شیوه نامه‌های اساسی مالک و رابطه بین تأسیسات و همسایگان آن مربوط می‌شوند. بحث در مورد هر یک از عوامل در زیر ارائه شده است.

نرخ جریان

طراحی سیستم فلر به شدت به داده‌های جریان ارائه شده متکی است. بنابراین، داده‌ها باید به طور واقع بینانه سناریوهای مختلف جریان را منعکس کنند. بیان بیش از حد جریان‌ها منجر به تجهیزات بزرگ می‌شود که هم هزینه‌های سرمایه گذاری و هم هزینه‌های عملیاتی را افزایش می‌دهد و می‌تواند به عمر مفید کمتری منجر شود. کم بیانی می‌تواند منجر به طراحی یک سیستم ناکارآمد یا ناایمن شود.

نرخ جریان به وضوح بر مواردی مانند اندازه مکانیکی تجهیزات فلر تأثیر می‌گذارد. با این حال، تأثیر آن بسیار گسترده‌تر است. به عنوان مثال، افزایش جریان عموماً منجر به افزایش دمای تشعشعی شعله می‌شود که به نوبه خود تأثیر مستقیمی بر ارتفاع و مکان تیپ فلر خواهد داشت.

حداکثر سرعت جریان فلرینگ که در شرایط اضطراری رخ می‌دهد می‌تواند در طول مدت زمان خرابی تاسیسات مانند از دست دادن برق یا آب خنک کننده یا بخار و یا حوادثی مانند انفجار و آتشسوزی باشد.

مدت زمان حداکثر دبی می‌تواند طراحی سیستم فلر را از طرق مختلفی تحت تاثیر قرار دهد. به عنوان مثال، مدت زمانی که یک کارگر در معرض حرارت ناشی از شعله فلر قرار می گیرد، می‌تواند بر انتخاب شار حرارتی مجاز تأثیر بگذارد. معمولاً یک رها سازی کوتاه مدت در یک سیستم فلر می‌تواند منجر به تشعشعات مجاز نسبتاً بالایی شود. در مقابل، تخلیه بسیار طولانی و با جریان بالا ممکن است به سطح تابش مجاز طراحی کمتری نیاز داشته باشد.

در گذشته، ماکزیمم دبی گاهی اوقات با جمع کردن دبی هر یک از شیرهای اطمینان و شیرهای کنترلی متصل به شبکه فلر تعیین می‌شد. این رویکرد منجر به حداکثر نرخ جریان غیرواقعی بزرگ می‌شد زیرا این فرض که همه دستگاه‌های متصل به طور همزمان تخلیه می‌شوند اغلب نادرست است. ابزارهای طراحی و تجزیه و تحلیل مدرن کارخانه‌ها مانند شبیه سازهای دینامیکی به مهندس طراح فرآیند این اجازه را می‌دهد تا حداکثر سرعت جریان را به طور مناسب‌تری تعریف کند. توجه دقیق به طراحی سیستم‌های کنترلی و الکتریکی می‌تواند فلرینگ را به میزان قابل توجهی کاهش دهد.

علاوه بر شرایط حداکثر دبی جریان، تعریف صریح هر شرایط جریانی که تحت آن انتظار می‌رود فلر بدون دود بسوزد نیز مهم است. این شرایط جریان می‌تواند ناشی از اختلالات فرآیند، حوادثی مانند قطع شدن کمپرسور یا عملیات‌های مختلف کارخانه، از جمله راه‌اندازی، توقف ناگهانی و از مدار خارج شدن ناگهانی یک تجهیزات خاص باشد. به هر حال تلاش برای ایجاد میان‌بر جهت تعریف سناریوهای احتراق بدون دود عدم مبتنی بر واقعیت با تنظیم نرخ جریان بدون دود به عنوان درصدی از حداکثر سرعت جریان تخلیه اضطراری می‌تواند منجر به شکست و یا هزینه‌های غیر ضرور شود.

ترکیب گاز

ترکیب گاز می‌تواند طراحی فلر را از طرق مختلفی تحت تاثیر قرار دهد. به طراح باید ترکیب گاز را برای هر یک از شرایط جریانی که قبلاً شناسایی شده بود و برای هر گاز خاصی که ممکن است مورد استفاده قرار گیرد، مانند سوخت پایلوت یا گاز پرج، داده شود. با مطالعه ترکیب گاز، ویژگی‌های احتراق آن، مشخصه‌های بالقوه اجزای گاز در حال سوختن را می‌توان تعیین کرد.

به عنوان مثال، ترکیب حضور نسبی هیدروژن و کربن را نشان می دهد. نسبت وزن هیدروژن به کربن در گاز یکی از پارامترهایی است که می‌تواند تمایل گاز را به ایجاد دود نشان دهد. تأثیر نسبت وزن هیدروژن به کربن، که اغلب به عنوان نسبت H/Cاز آن یاد می شود، در تمایل به ایجاد دود در شکل.۱ نشان داده شده است. شکل.۱ شعله تولید شده از سوزاندن سه گاز مختلف با استفاده از تجهیزات فلر و شرایط عملیاتی یکسان را نشان می دهد. شعله تولید شده از سوزاندن گاز طبیعی سر چاه با وزن مولکولی (MW) ۲۵ (H/C=0.27) تمیز (بدون دود) است، همانطور که در شکل.۱-الف نشان داده شده است. شعله‌در شکل.۱-ب سوختن پروپان را نشان می‌دهد (H/C=0.22). توجه داشته باشید که شعله پروپان مقداری دود دارد، رنگ زرد آن بسیار نزدیکتر به شعله فلر است و در مقایسه با شعله گاز طبیعی مات‌تر است. دود سیاه متراکم و شعله تیره نشان داده شده در شکل.۱-ج با

Photo credit: ©Andrei Aleksandrovich / Shutterstock

سوزاندن پروپیلن تولید شد (H/C=0.17). توجه داشته باشید که دود بخشی از را شعله در پنهان می‌کند (می‌پوشاند). این واقعیت که دود بخشی از شعله را پنهان می‌کند باید هنگام محاسبه تابش شعله فلر در نظر گرفته شود.

شکل ۱-الف

شکل ۱-ب

شکل ۱-ج

شکل ۱ مقایسه شعله حاصل از سوزاندن (الف)گاز طبیعی سرچاهی ۲۵ مگاواتی، (ب)پروپان و (ج)پروپیلن

همچنین تجزیه و تحلیل ترکیبات گاز حضور ترکیبات غیر هیدروکربنی مانند سولفید هیدروژن یا گازهای بی اثر را نشان می‌دهد. چنین گازهایی ممکن است به متالورژی‌های خاص یا ملاحظات طراحی مانند آنالیز غلظت سطح GLC نیاز داشته باشند. بعد از تعیین شدن ترکیبات گازی و نرخ دبی جریان عبوری، جریان حجمی یا جریان جرمی گازها برای سیستم فلر قابل محاسبه خواهد بود.

عمل تعریف یک جریان تنها به وسیله خواص آن (وزن مولکولی (MW)، مقدار ارزش حرارتی پایین (LHV)، حد بالا/پایین انفجار (UEL/LEL) و غیره) می‌تواند خطرات ایمنی را پنهان کند یا از کاهش هزینه تجهیزات و عملیات جلوگیری کند که باید توسط طراح فلر تشخیص داده شود. به عنوان مثال، یک گاز ۲۸ تا ۳۰ مگاواتی می‌تواند اتان، اتیلن، نیتروژن، مونوکسید کربن، هوا یا حتی مخلوطی از هیدروژن و زایلن باشد. یک سیستم فلر برای کنترل مقدار ثابتی از گاز ۲۸ مگاواتی، بسته به ترکیب واقعی گاز، مشخصات طراحی و عملکرد بسیار متفاوتی دارد. اتیلن ممکن است تمایل به دود داشته باشد، اما در سرعت‌های خروجی بالا روشن و پایدار می‌ماند. از سوی دیگر، مونوکسید کربن دود نمی‌کند، اما روشن نگه داشتن آن حتی در سرعت‌های خروجی متوسط تا کم دشوار است. تشعشع، گاز خروجی شیرهای‌اطمینان، گاز پرج مطابق با API و پتانسیل چگالش در دمای محیط نمونه‌های دیگری از تاثیرات ترکیبات گاز است که می‌تواند بر طراحی فلر اثر داشته باشد.

دمای گاز

علاوه بر تاثیر دمای گاز بر روی انبساط حرارتی، حجم گاز و الزامات متالورژی، تاثیر ظریف‌تر دمای گاز در پتانسیل چگالش (Condense) برخی از اجزای ترکیبات گاز است. در جریانات با چگالش احتمالی یا در جریانهای دو فازی به تجهیزات حذف مایع برای کاهش پتانسیل تشکیل دود و/یا احتمال باران مایع سوزنده نیاز است. چگالش در شرایط جریان کم یا بدون جریان منجر به ایجـــاد شرایط خلاء در هدر فلر و پتانسیل حاصله برای جذب هوا از طریق تیپ فلر یا از طریق نشت لوله‌ها می‌شود. گاهی اوقات برای رفع این خطر از آب بند مایع استفاده می‌شود. با این حال، دمای گاز می‌تواند بر طراحی و عملکرد آب بند مایع تأثیر بگذارد. گاهی اوقات و به صورت ناکهانی گازهای داغ تمایل به جوشیدن مایع درون آب بند دارند. از سوی دیگر، گازهای بسیار سرد یک سناریوی انجماد را ارائه می‌کنند که می‌تواند به طور کامل جریان گازهای زائد را مسدود کنند.

تغییرات دمایی می تواند بر روی استک های فلر تاثیر گذار باشد. انبساط لوله‌های هدر، حرکت نسبی خطوط یوتیلیتی، و کشش سیم استک تنها سه حوزه‌ای هستند که ممکن است مشکلاتی در آنها ایجاد شود. دماهای بالا و پایین هر دو پتانسیل ایجاد مشکلاتی را دارند که بر طراحی استک تأثیر می‌گذارد. در مواردی که فشار منبع گاز تخلیه شده از شیرهای اطمینان بسیار زیاد است، طراح کارخانه باید خنک سازی را با انبساط در سراسر شیر تخلیه در نظر بگیرد. در جایی که دمای گاز در منبع به طور قابل توجهی با محیط متفاوت است، توصیه می‌شود اتلاف یا افزایش دما را از طریق دیواره‌های هدر فلر از منبع تا استک فلر تخمین بزنید و دمای گاز حاصل را در فلر تعیین کنید. توجه به چنین جزئیاتی می‌تواند منجر به کاهش هزینه برای استک شود.

فشار گاز موجود

فشار گاز برای فلر با آنالیز هیدرولیکی کامل سیستم تخلیه فشار از شیر تخلیه (یا تجهیزات تقلیل فشار) تا مشعل فلر تعیین می‌شود. هر کدام از شرایط جریان اصلی در خط فلر با هدف تعیین فشار در هر شیر تخلیه در هر شاخه از هدر فلر باید آنالیز شود. این فشار معمولاً با کمترین فشار معکوس مجاز (Allowable back pressure) در هر شیر تخلیه در سیستم محدود می‌شود. این محدودیت برای همه شرایط جریان اعمال می‌شود، صرف نظر از اینکه شیر تخلیه محدود شده به شرایط جریان مورد مطالعه کمک می‌کند یا خیر.

در اکثر سیستم‌های فلر، بیشتر افت فشار سیستم به دلیل تلفات لوله‌های هدر فلر است که در این صورت افت فشار کمی برای مشعل فلر باقی می‌ماند. طراحی چنین سیستمی ممکن است فشار مورد نیاز گاز در تیپ فلر برای ایجاد یک سوختن بدون دود را به حداکثر نرساند. سوزاندن گار بدون دود را می‌توان با تبدیل حداکثر فشار گاز موجود به تکانه گاز افزایش داد. علاوه بر این، توزیع مجدد افت فشار سیستم برای ایجاد فشار بیشتر در تیپ فلر می‌تواند هزینه کلی سیستم را کاهش دهد.

یکی دیگر از مزایای تمایل به کاهش فشار بیشتر در مشعل فلر، افزایش چگالی گاز در هدر فلر است که می تواند منجر به کوچکتر شدن اندازه سایز هدر فلر و کاهش هزینه لوله می‌شود. فشار بیشتر در تیپ فلر عموماً به معنای یک مشعل (تیپ) کوچکتر و در نتیجه جریان پرج گاز (Purge flow) کمتر است. سوزاندن سوختن بدون دود بیشتر و کاهش نیاز به گاز پاکسازی، هر دو هزینه عملیاتی روزانه را کاهش می دهند. هم هزینه‌های سرمایه‌ای و هم هزینه‌های عملیاتی را می‌توان از این طریق کاهش داد.

فشار گاز موجود در فلر را می‌توان به عنوان فشار کل در ورودی فلر یا فشار استاتیک در یک لوله ورودی با اندازه خاص تعریف کرد. فشار استاتیکی فشاری است که گاز به دیواره‌های لوله وارد می‌کند. یعنی این فشاری است که توسط یک فشارسنج نصب شده روی یک نازل ساده در کنار لوله نشان داده می‌شود. این نیز فشاری است که چگالی گاز را تعیین می‌کند. فشار کل مجموع فشار استاتیکی و فشار دینامیکی در یک نقطه معین از خط لوله (به عنوان مثال، ورودی استک) است. هنگامی که فشار استاتیکی برای تعریف فشار گاز موجود استفاده می‌شود، طراح کارخانه باید اندازه ورودی، ضخامت لوله، خوردگی مجاز، جنس، ساپورتها و غیره پیش بینی کرده و محاسبه نماید.

هزینه‌های سیالات یوتیلیتی و در دسترس بودن

در بسیاری از موارد، تکانه جریان گاز به تنهایی برای ایجاد سوختن بدون دود کافی نیست. در چنین مواردی، لازم است یک سیال کمکی برای افزایش تکانه کلی به سطح در حال سوختن جهت ایجاد سوختن بدون دود اضافه شود. رایج‌ترین سیال بخار است که از طریق یک یا چند گروه از نازل‌ها تزریق می‌شود. یک جایگزین برای بخار، استفاده از حجم زیادی از هوای کم فشار است که توسط یک دمنده تولید می‌شود. هزینه‌های انرژی، در دسترس بودن، قابلیت اطمینان و شرایط آب و هوایی باید در انتخاب سیال کمکی مهار دود در نظر گرفته شود.

پرج گاز (Purge gas) و پایلوت باید همیشه بر روی فلر تامین شود. مقدار هر گاز مورد نیاز به اندازه سیستم فلر بستگی دارد. ترکیبات موجود در پرج گاز(Purge gas) و/یا گاز زائد (Waste gas) نیز می‌تواند بر میزان تزریق در پرج گاز (Purge gas) تأثیر بگذارد. مصرف گاز پایلوت می‌تواند تحت تأثیر ویژگی‌های احتـــراق گازهای زائد باشد. گازهای مورد استفاده برای گاز پاکسازی و سوخت پایلوت‌های فلر باید از قابل اطمینان‌ترین منبع موجود باشد.

در اصل در پرج گاز (Purge gas) می‌تواند هر گاز غیرخورنده‌ای باشد که حاوی اکسیژن نباشد و در هر شرایط مورد انتظار به نقطه شبنم نمی‌رود. یک گزینه جذاب برای در پرج گاز (Purge gas) ممکن است مخلوطی از نیتروژن و گاز سوختی غیر هیدروژنی مانند گاز طبیعی یا پروپان باشد. به عنوان مثال، یک مخلوط 300 Btu/scf (11 MJ/Nm^3) از نیتروژن و پروپان می تواند به عنوان یک در پرج گاز (Purge gas) موثر باشد. چنین مخلوطی در مقایسه با گاز سوختی به تنهایی مزایای زیادی دارد، از جمله

- کاهش انتشار CO2
- در صورت ارزان بودن نیتروژن، صرفه جویی در هزینه بالقوه
- قابلیت اطمینان بالاتر زیرا هر یک از منابع به تنهایی می‌تواند به عنوان گاز تصفیه عمل کند

Photo credit: © think4photop

الزامات ایمنی

تقریباً همه جنبه‌های طراحی فلر شامل رعایت برخی از اصول و نگرانی‌های ایمنی است. اصول و نگرانی‌های ایمنی شامل تابش حرارتی از شعله فلر، احتراق قابل اعتماد، ظرفیت هیدرولیک، نفوذ هوا، و پراکندگی گاز دودکش. همچنین جنبه‌های خاصی از ایمنی توسط شیوه نامه‌های اساسی هر کارخانه دیکته می‌شود. برای مثال، شیوه نامه‌های ایمنی معمولاً تابش مجاز شعله فلر را به افراد یا تجهیزات تنظیم می‌کند. بنابراین، جای تعجب نیست که سطح تابش حرارتی مجاز از یک کارخانه به کارخانه دیگر متفاوت باشد (یه عبارت دیگر علاوه بر الزاماتی که API آماده است ممکن اسبت به طور خاص برای کارخانه ای توسط شرکت طراح، الزامات سختگیرانه تری نیز لحاظ شود).

یک نکته مشترک از این تغییرات شامل اصلاح نمودن سطح تشعشع تابشی خورشید است. تجربه نشان داده است که تابش خورشید در اکثر طرح‌ها (و نه در همه طرح‌ها) نیازی به در نظر گرفتن ندارد. در عمل، در نظر گرفتن تشعشعات خورشیدی یک موضوع پیچیده است که راه حل ساده‌ای را به خود نمی‌دهد. تشعشع خورشیدی شامل تعدادی متغیر است و مختص سایت است. به عنوان مثال، در صورتی که احتمال زیادی وجود داشته باشد که یک کارگر بتواند در معرض حداکثر تشعشعات فلر و تشعشعات خورشیدی به صورت افزایشی قرار گیرد، استفاده از تابش خورشیدی در اساس طراحی مناسب است.

منابع متعددی برای راهنمایی در مورد سطح مجاز تشعشع وجود دارد. بیشترین ارجاعات توصیه شده، عمل به API-521.5 مؤسسه نفت آمریکا (API) است. بیشتر مشخصات، حداکثر سطح تشعشع 1500 Btu/h/ft2 (4.73 Kw/M2) را برای شرایط فلرینگ اضطراری می‌طلبند. برخی مشخصات محدودیت سطح تشعشع اضافی 500 Btu/h/ft2 (1.58 Kw/M2) را را برای افراد محافظت نشده در طول رخ داد فلرینگ طولانی مدت تعریف می‌کنند. توجه ویژه‌ای باید به محدودیت‌های تشعشعی برای فلرهایی که در نزدیکی مناطق با دسترسی عمومی دارند خصوصا در امتداد مرز پالایشگاهی که در آن امکان قرار گرفتن در معرض عموم ممکن است رخ دهد، داده شود.

احتراق قابل اعتماد در تیپ فلر یکی از اساسی‌ترین الزامات ایمنی است، که تضمین می‌کند گازهای آزاد شده به تیپ در یک مکان مشخص سوزانده می‌شوند. سوزاندن قابل اعتماد همچنین از بین بردن انتشارات سمی بالقوه را تضمین می‌کند.

هیدرولیک سیستم فلر فشار معکوس را برای شیرهای تخلیه و ایمنی تعیین می‌کند. اندازه نامناسب اولیه سیستم یا افزودن‌های بعدی به بارهای فلر می‌تواند مانع از دستیابی یک واحد به حداکثر سرعت تخلیه در مواقع ضروری شود و خطر اضافه فشار را در کارخانه ایجاد می‌کند.

جلوگیری از نفوذ هوا باید در هنگام توسعه عملیات و برنامه‌های تعمیر و نگهداری سیستم فلر و تجهیزات متصل مورد توجه قرار گیرد. منابع هوا شامل خروجی تیپ فلر، نقاط تخلیه و درین، دریچه‌های ونت و تخلیه و فلنج‌های ورودی و خروجی و اتصالات ابزار دقیق هستند.

الزامات زیست محیطی

فلرها می‌توانند محیط خود را با ایجاد دود، صدا یا محصولات احتراق تحت تاثیر قرار دهند. آژانس‌های نظارتی گاهی محدودیت‌هایی را در برخی یا همه این حوزه‌ها تعریف می‌کنند. در بسیاری از موارد، برای دستیابی به سوختن بدون دود و رعایت مقررات انتشار دود، تزریق یک سیال کمکی مانند بخار ضروری است. تزریق بخار و تلاطم ایجاد شده از مخلوط شدن بخار، هوا و گاز باعث انتشار صدا می‌شود. سطح صدا در نقاط مختلف داخل و خارج از مرز کارخانه اغلب تحت نظارت است.

دیگر نگرانی‌های زیست محیطی، راندمان واکنش و انتشار گازهای فلر است. آزمایشات نشان داد که احتراق در یک تیپ فلر با طراحی و کارکرد مناسب دارای راندمان احتراق بیش از ۹۸٪ در انتشار NO_x، CO و هیدروکربن‌های نسوخته (UHCs) خواهد بود. فاکتورهای انتشار NO_x، CO و UHC برای فلرها در AP-42.7 موجود است. برای تخمین انتشار SO_x، اغلب فرض می‌شود که ۱۰۰٪ گوگرد موجود به SO_2 تبدیل می‌شود.

الزامات اجتماعی

اکثر سیستم‌های فلر شامل یک استک فلر است که بلندترین یا یکی از بلندترین سازه‌ها در کارخانه است. در نتیجه شعله فلر در فواصل دور قابل مشاهده است. ممکن است مالک کارخانه تمام مقررات زیست محیطی را رعایت کرده است، اما سیستم فلر انتظارات همسایگان کارخانه را برآورده نکند. درک عمومی از هدف و عملکرد فلر می‌تواند الزامات سختگیرانه‌تری را برای طراحی فلر ایجاد کند. به عنوان مثال، یک شعله بدون دود ممکن است الزامات نظارتی را برآورده کند، اما ممکن است به دلیل نور یا صدا برای همسایگان قابل اعتراض باشد.