A-PDF Watermark DEMO: Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

ترجمه کتاب What Went Wrong?

ویرایش پنجم

تا فصل 21

به کوشش م. یزدی

http://mohandes-iran.com

فهرست مطالب

مقدمه

پیشگفتار

1. آمادگی جهت تعمیر و نگهداری:

1-1. ایزولاسیون
1-2. شناسایی
1-3. رفع خطرات
1-4. عدم پیروی از مذاحل کار
1-5. کیفیت تعمیر

2. تغییرات و اصلاحات:

2-1. تغییرات و اصلاحات ئر راه‌اندازی
2-2. تغییرات و اصلاحات جزئی
2-3. تغییرات و اصلاحات ایجاد شده در طول تعمیر و نگهداری
2-4. تغییرات و اصلاحات موقتی
2-5. تغییرات و اصلاحات تأیید شده
2-6. تغییرات و اصلاحات در فرایند
2-7. ابزارآلات جدید
2-8. تغییرات و اصلاحات سیستم تولید
2-9. تغییرات و اصلاحات تدریجی
2-10. تغییرات و اصلاحات زنجیره‌ای
2-11. کنترل تغییرات و اصلاحات

3. حوادث ناشی از خطاهای انسانی:

3-1. مقدمه
3-2. حوادثی که از اشتباهات ساده و پیش و پا افتاده ناشی می‌شوند
3-3. حوادثی که می‌توان با آموزش بهتر مانع بروز آنها شد

4. برچسب‌گذاری

4-1. برچسب‌گذاری تجهیزات
4-2. برچسب‌گذاری دستگاه‌های ابزار دقیق
4-3. برچسب‌گذاری مواد شیمیایی
4-4. برداشت غلط از برچسب‌ها

5. مخازن ذخیره‌سازی:

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

5-1. لبریز شدن
5-2. افزایش بیش از حد فشار
5-3. مکیده شدن به داخل
5-4. انفجارات
5-5. مخازن با سقف شناور
5-6. حوادث متفرقه
5-7. مخازن FRP

6. مشعل‌ها:

6-1. انفجارات مشعل
6-2. مشعل‌های مسدود شده

7. نشتی‌ها:

7-1. علل عمومی نشتی‌ها
7-2. کنترل نشتی‌ها
7-3. پخش مواد نشت‌شده روی آب یا زمین مرطوب
7-4. تشخیص نشتی‌ها
7-5. نشتی‌های دائمی

8. گازهای قابل اشتعال مایع:

8-1. نشت‌های عمده
8-2. نشت‌های جزیی
8-3. نشت‌های دیگر

9. اختلالات مربوط به لوله‌ها و مخازن تحت فشار:

9-1. اختلالات لوله
9-2. اختلالات در مخازن تحت فشار

10. تجهیزات دیگر:

10-1. دستگاه‌های سانترفیوژ
10-2. پمپ‌ها
10-3. کولرهای هوایی
10-4. شیرهای اطمینان

11. ورود به مخازن تحت فشار:

11-1. مخازنی که از مواد خطرناک پاک نشده‌اند
11-2. وارد نمودن مجدد مواد خطرناک به داخل مخازن
11-3. مخازنی که از منابع خطر جدا نشده‌اند

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

11-4. ورود غیر مجاز
11-5. ورود به مخازنی با فضای غیرقابل استنشاق
11-6. نجات
11-7. آنالیز هوای درون مخزن

12. خطرات مواد معمولی:

12-1. هوای فشرده
12-2. آب
12-3. نیتروژن
12-4. روغن‌های سنگین (شامل روغن‌های انتقال حرارت)

13. تانکرها و نفت‌کش‌ها:

13-1. لبریز شدن
13-2. پاره شدن شیلنگ‌ها
13-3. آتش‌سوزی و انفجار
13-4. گازهای مایع قابل اشتعال
13-5. هوای فشرده
13-6. سرازیر شدن (کج شدن) تریلرها
13-7. تخلیه یا پر نمودن تانکر از محل نامناسب
13-8. تماس با خطوط حامل برق

14. آزمایش کلیدهای قطع‌کننده و سایر سیستم‌های حفاظتی:

14-1. آزمایش بایستی کامل و جامع باشد
14-2. کلیه‌ی تجهیزات حفاظتی بایستی آزمایش شوند
14-3. زمان آزمایش می‌تواند بیش از حد لازم طولانی شود
14-4. سیستم‌های حفاظتی نباید به خودی خود به وضعیت اولیه برگردند
14-5. کلیدهای قطع‌کننده نبایستی بدون داشتن مجوز ار کارخانه انداخته شوند
14-6. دستگاه‌های ابزاردقیق بایستی آنچه را که مورد نیاز است، مستقیماً اندازه‌گیری نمایند
14-7. کلیدهای قطع‌کننده ویژه‌ی مواقع اضطراری هستند نه استفاده روزمره
14-8. ممکن است با آزمایش نمودن به اشکلات پی برد
14-9. برخی حوادث متفرقه

15. الکتریسیته‌ی ساکن:

15-1. الکتریسیته‌ی ساکن ناشی از مایعات جاری
15-2. الکتریسیته‌ی ساکن حاصل از شیرهای فورانی (جت) آب و گاز
15-3. الکتریسیته‌ی ساکن ناشی از مواد پلاستیکی و پودرها
15-4. الکتریسیته‌ی ساکن ناشی از پارچه

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

16. مواد ساخت:

16-1. استفاده از مواد نادرست
16-2. به وجود آمدن هیدروژن در اثر خوردگی
16-3. اثرات دیگر خوردگی
16-4. از بین رفتن پوشش‌های محافظ

17. روش‌های عملیاتی:

17-1. فشار محبوس شده
17-2. تمیز نمودن خطوط مسدود شده
17-3. تنظیم نادرست شیر معیوب
17-4. نامشخص بودن مسئولیت‌ها
17-5. ضعف‌های ارتباطات
17-6. کار روی دریچه‌های آدم‌روی سرباز

18. جریان معکوس و سایر انحرافات پیش‌بینی نشده:

18-1. جریان معکوس از یک دریافت‌کننده‌ی محصول با برگشت خط تخلیه به واحد
18-2. جریان معکوس به داخل لوله‌های اصلی سرویس
18-3. جریان معکوس از میان پمپ‌ها
18-4. جریان معکوس راکتورها
18-5. جریان معکوس از لوله‌های تخلیه‌ی مایع
18-6. سایر انحرافات
18-7. روشی جهت پیش‌بینی انحرافات
18-8. مطالعه قابلیت عملکرد و خطر (HAZOP) برای تانکرها

19. نمی‌دانستم که:

19-1. آمونیاک می‌تواند منفجر شود
19-2. آزمایشات فشار هیدرولیکی می‌تواند خطرناک باشد
19-3. موتورهای دیزلی باعث اشتعال مواد نشتی می‌شوند

20. مشکلاتی در رابطه با کنترل کامپیوتری:

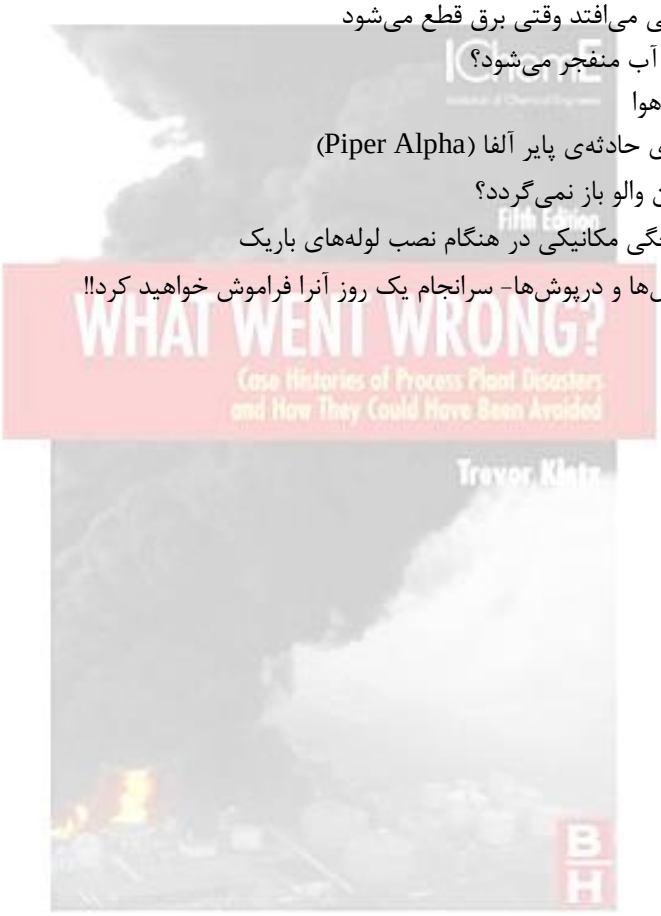
20-1. خطاهای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری
20-2. برخورد با کامپیوتر به عنوان یک جعبه‌ی سیاه
20-3. قضلوت نادرست در مورد نوع عکس‌العملی که اپراتورها خواهند داشت
20-4. سایر مسائل و مشکلات

21. شما چه کاری می‌توانید انجام دهید:

21-1. حادثه‌ی بوپال (Bhopal)

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

21-2. مخزنی که پرواز کرد
21-3. جانمایی تأسیسات
21-4. تجهیزات الکتریکی در محوطه‌های خطرناک
21-5. آیا شکر خطر انفجار دارد؟
21-6. جابجایی و نگهداری مواد خطرناک
21-7. خطرات موجود در دستگاه‌ها و تجهیزات متروکه و بدون استفاده
21-8. چه اتفاقی می‌افتد وقتی برق قطع می‌شود
21-9. آیا پمپ آب منفجر می‌شود؟
21-10: قدرت هوا
21-11: یادآوری حادثه‌ی پایر آلفا (Piper Alpha)
21-12: چرا این والو باز نمی‌گردد؟
21-13: یکپارچگی مکانیکی در هنگام نصب لوله‌های باریک
21-14: سرپوش‌ها و درپوش‌ها- سرانجام یک روز آنرا فراموش خواهید کرد!!



http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل اول

آمادگی جهت تعمیر و نگه‌داری

در صفحات ذیل حوادثی تشریح می‌گردند که بـه دلیـل آمـاده نبـودن تجهیـزات جهـت تعمیـر بـه وقـوع پیوسـته‌اند. گاهی تجهیزات از مواد خطرناک جدا نشده یا به خوبی شناخته نمـی‌گردنـد بـه‌طوریکـه اشـتباهاً دستگاه دیگری به جای دستگاه اصلی باز شده و برخی اوقات مواد خطرناک پاک نشده‌اند[1و2].

ورود به مخازن به فصل 11 مورد بررسی قرار گرفته است.

1-1: ایزولاسیون

1-1-1: کوتاهی در ایزوله کردن

پمپی جهت تعمیر باز گردید. هنگام برداشتن درپوش، روغن با دمایی بالاتر از دمای خود اشتعالی به بیرون سرازیر و آتش سوزی مهیبی آغاز گشت. بر اثر این حادثه سه نفر کشته شده و واحد به طور کلی ویران شد. بررسی تکه‌پاره‌های باقیمانده پس از آتش سوزی نشان داد که شیر مکش پمپ، باز و شیر تخلیه بسته بوده است[3].

تا هنگامی که مجوز کار در ساعت 8 صبح روز حادثه صادر شود، پمپ چندین روز در انتظار تعمیر به سر می‌برده است. سرکارگری که مجوز کار را صادر کرده بود بایستی قبل از تعمیر پمپ، بسته بودن شیرهای تخلیه و مکش و باز بودن شیر تخلیه‌ی مایع را چک می‌نمود. او ادعا نموده که آنها را چک کرده است یا حافظه‌ی او اشتباه نموده و یا پس از بازرسی شیرها و قبل از شروع کار شخصی شیر تخلیه را بسته و شیر مکش را باز کرده است. زمانی که شیرها بسته شده‌اند، بر روی آنها هیچ علامتی وجود نداشته که گویای علت بسته شدن آنها باشد. ممکن است اپراتوری شیر مکش را باز نموده و شیر تخلیه را بسته باشد به طوری که پمپ در صورت نیاز بتواند سریعاً روی خط قرار گیرد.

عامل مهم و اساسی این بود که تعمیرکاران در ابتدا قصد داشتند که فقط روی یاتاقان‌های پمپ کار کنند. هنگامی که آنان دریافتند که بایستی پمپ‌ها را باز نمایند، این مسئله را به گروه فرایند گوشزد کردند اما در زمینه ایزولاسیون به بررسی‌های بیشتر نپرداختند.

در شرکت مزبور ایزوله نمودن تجهیزات تحت تعمیر توسط Spades یا Blinds مرسوم نبوده و اینکار فقط با شیرها انجام می‌گشت، اما پس از این آتش‌سوزی مقررات ذیل تدوین گردید:

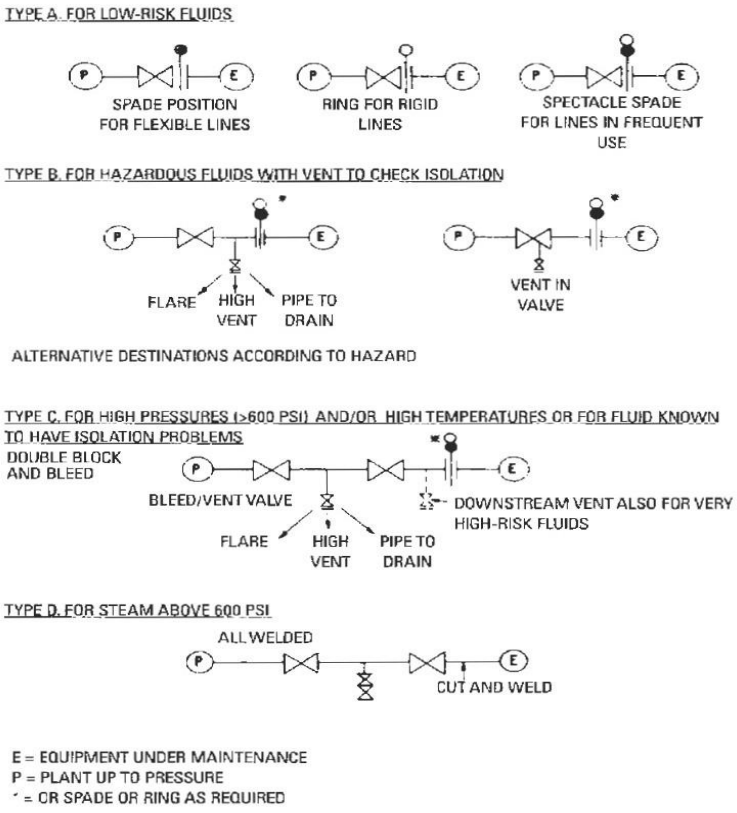
الف) تجهیزات تحت تعمیر بایستی توسط Spades یا Blinds یا از طریق جدا نمودن فیزیکی ایزوله شوند مگر اینکه کاری که بایستی انجام شود آنقدر سریع باشد که نصب صفحات لغزنده یا جدا کردن دستگاه

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

از شبکه لوله‌ها به اندازه‌ی همان کار طول کشیده و با خطر نیز توأم باشد. در صورت انجام کار گرم و یا ورود به مخزن بایستی همیشه تعمیرات از طریق فیزیکی با استفاده از صفحات لغزنده انجام گیرد (منظور از صفحات لغزنده در اصطلاح صنعتی همان Spades یا Blinds می‌باشد).

ب) شیرهای جداکننده‌ی تجهیزات تحت تعمیر از جمله شیرهایی که بایستی در حین نصب صفحات لغزنده و یا جدا نمودن شبکه‌ی لوله‌ها بسته شده باشند، باید توسط یک قفل و زنجیر یا وسیله مشابه دیگری بسته شوند. فقط نصب یک علامت اخطار دهنده بر روی شیر کافی نمی‌باشد.

پ) برای سیالاتی که با فشارهای مانومتری بالای 600 Psi (40 بار) یا دمای بالاتر از نقطه‌ی خوداشتعالی می‌باشند، بایستی شیرهای هواگیر و دوتوپی[1] نصب نمود و اینکار نباید به عنوان وسیله‌ای برای ایزولاسیون لوله‌ی اصلی انجام شود بلکه هدف باید این باشد که صفحات لغزنده بتواند بی‌خطر نصب گردند.



شکل 1-1: خلاصه‌ای از روش‌های جداسازی

[1] Double Block

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

ت) در صورت ایجاد هرگونه تغییر در کاری که قصد انجام دادن آن می‌رود، باید مجوز انجام کار لغو شده و مجوز انجام کار جدیدی صادر گردد. در بخش 1-18 حادثه مشابه دیگری توضیح داده شده است.

1-1-2: زود برداشتن ایزولاسیون

کمپرسور اتیلنی جهت تعمیر خاموش شده و به خوبی توسط صفحات لغزنده ایزوله گردید. پس از انجام تعمیرات، صفحات لغزنده، قبل از آزمایش نمودن ماشین برداشته شدند. در طول آزمایش مقداری اتیلن از شیرهای جداکننده‌ی بسته، بدرون ماشین نشت نمود. مخلوط هوا و اتیلن با یک نقطه‌ی داغ در ماشین یا توسط استلین مس موجود بر روی واشرهای شیر مسی مشتعل گردید. بر اثر این حادثه کمپرسور شدیداً آسیب دید و هزینه‌ی زیادی برجای گذاشت.

تا زمان پایان یافتن تعمیرات نباید ایزولاسیون برداشته شود. بهتر است در این زمینه، سه مجوز انجام کار صادر گردد، یکی برای جا دادن صفحات لغزنده (یا قطع شبکه لوله)، دیگری برای کار اصلی و سومین مجوز انجام کار جهت برداشتن صفحات لغزنده یا وصل مجدد اتصالات قطع شده.

1-1-3: ناکافی بودن ایزولاسیون

راکتوری جهت تعمیر، آماده گردید و سپس شستشو داده شد. با توجه به شرایط موجود نیازی به جوشکاری و ورود به راکتور نبود. از این رو تصمیمی اتخاذ گردید تا از صفحات لغزنده استفاده نکرده و تنها به ایزولاسیون شیر اکتفا نموده شود. مقداری از بخار قابل اشتعال از شیرهای بسته به داخل راکتور نشت کرد و در اثر سرعت زیاد، چرخ سمباده‌ای که برای بریدن یکی از خطوط لوله متصل به مخزن در حال کار بود، مشتعل گردید. سرپوش راکتور کنده شد و دو نفر بر اثر این حادثه در گذشتند. تخمین زده شده که هفت متر مکعب بخار هیدروکربن عامل ایجاد انفجار بوده است.

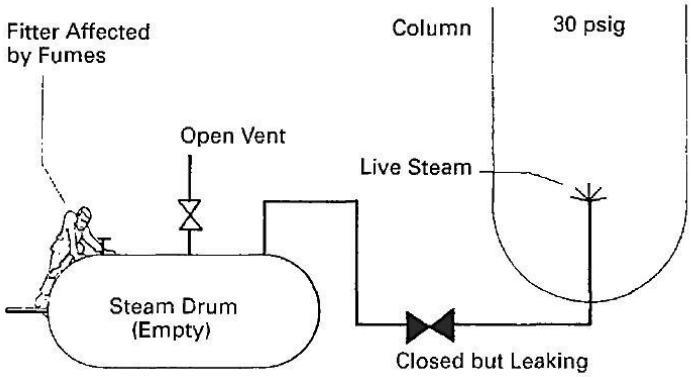
به دنبال این حادثه، عملیات بریدن لوله‌ها به طور نمایشی در کارگاه به معرض نمایش گذاشته شد. معلوم گردید که هنگام شکستن دیواره لوله توسط چرخ سمباده شعله کوچکی ایجاد شده و خود لوله گداخته و به رنگ قرمز تیره در می‌آید. این انفجار با ایزوله نمودن راکتور توسط صفحات لغزنده یا قطع فیزیکی لوله‌ها قابل پیشگیری بوده است. این حادثه و حادثه‌ی قبل نشان می‌دهند که شیرها به قدر کافی مناسب نمی باشند.

1-1-4: ایزولاسیون خطوط سرویس

تعمیرکاری حین کار برروی یک درام بخار آب در اثر برخورد با بخار داغ آسیب دید. یکی از خطوط بخار خارج شده از درام جهت تمیز کردن برج فرایندی (که در فشار نانومتری 30 Psi (2 بار) کار می‌کرد) بکار می‌رفت. شیر ارتباط دهنده‌ی خط مزبور به برج بسته، ولی خط به صفحه‌ی لغزنده مجهز نشده بود. هنگامی

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

که فشار بخار آب تخلیه گشت، بخارات ناشی از برج از راه شیر در حال نشت به داخل خطوط بخار، برگشت نمود (شکل 2-1).



شکل 2-1: آلودگی درام آب به وسیله مواد فرایند

شرکت مزبور معمولاً از صفحات لغزنده برای ایزوله نمودن تجهیزات تحت تعمیر استفاده می‌نمود. اما در آن موقعیت هیچ صفحه لغزنده‌ای نصب نشده بود، زیرا تنها یک خط بخار مد نظر بوده است. با این حال بخار و سایر خطوط سرویس موجود در محوطه‌ی واحد به راحتی به مواد فرایند آلوده می‌شوند، به خصوص اگر یک رابطه‌ی مستقیم بین آنها و تجهیزات فرایند وجود داشته باشد، در این موارد آنان بایستی قبل از تعمیر به وسیله قرار دادن صفحه‌ی لغزنده یا از طریق جدا شدن از بقیه تجهیزات کاملاً ایزوله شوند.

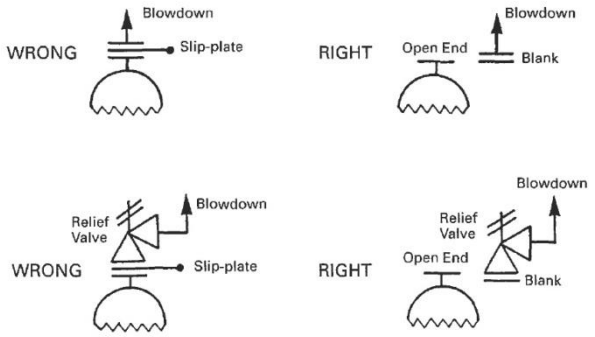
1-1-5: ایزولاسیون‌های برداشته نشده

در هنگام روی خط بودن واحدی، اپراتوری متوجه یک صفحه‌ی لغزنده روی لوله‌ی تخلیه مخزن گردید. صفحه‌ی لغزنده جهت ایزوله نمودن مخزن از سیستم تخلیه به هنگام تعمیر نصب شده بود. زمانی که تعمیر به پایان رسید، صفحه‌ی لغزنده به فراموشی سپرده شد. خوشبختانه مخزن (مخزن قدیمی)مقاوم‌تر از حد نیاز بوده، در غیر این صورت مخزن منفجر می‌گردید.

اگر یک مخزن تحت فشار از لوله‌ی تخلیه یا خط تخلیه ایزوله گردد و صفحه‌ی لغزنده برداشته نشود، در هر زمان ممکن آن‌را جدا نموده و همچنانکه در شکل (1-3) نشان داده شده است، اجازه دهید گاز داخل مخزن به هوا تخلیه گردد.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

اگر خط تخلیه‌ی گاز بخشی از سیستم تخلیه را تشکیل می‌دهد، بایستی آن‌را مسدود نمود تا مانع مکیده شدن هوا به داخل شود. از قرار گرفتن صفحه‌ی مسدود کننده در جایی از نقطه‌ی انفصال که مشعل در آنجا قرار دارد، یقین حاصل پیدا کنید و آن‌را در کنار مخزن قرار ندهید (شکل3-1).



شکل 3-1: روش‌های صحیح و نادرست جهت ایزوله نمودن یک خط تخلیه گاز

توجه نمایید که در صورت ورود به مخزن بایستی نزدیک‌ترین اتصال به مخزن شکسته شود. اگر خط تخلیه‌ی گاز به دلیل اینکه برای حرکت داده شدن بسیار محکم است به صفحه‌ی لغزنده مجهز شود، لوله‌های تخلیه‌ی گاز بایستی آخر از همه به صفحات لغزنده مجهز شده و اول از همه، صفحه‌ی لغزنده برداشته شود. اگر کلیه‌ی صفحات لغزنده نصب شده فهرست بندی شوند، احتمال نادیده گرفتن آنها کمتر می‌باشد.

1-1-6: برخی از حوادث متفرقه در رابطه با ایزولاسیون جهت تعمیر

الف) از صفحه‌ی لغزنده‌ای که تا چندین ماه یا شاید چندین سال در جای خود قرار داشته، جهت ایزوله نمودن تجهیزات استفاده می‌گردید. این صفحه درست از میان خورده شده بود (شکل 4-1). صفحات لغزنده‌ای که برای مدت طولانی در جای خود قرار دارند بایستی برداشته شوند و قبل از استفاده جهت ایزولاسیون در حین تعمیر بازرسی گردند. (چنین صفحات لغزنده‌ای بایستی هر چند سال جهت بازرسی ثبت شوند)

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شکل 4-1: صفحه‌ی لغزنده‌ای که تا چندین ماه در محل باقی مانده بود دقیقاً از میان دچار خوردگی گردید.

شکل 5-1

ب) یک صفحه‌ی لغزنده با یک برچسب کوچک بر روی آن نادیده گرفته شد و هنگام به پایان رسیدن تعمیرات در محل باقی ماند. برچسب‌هایی که روی خطوط لوله‌ی 6 اینچی و پایین‌تر قرار می‌گیرند بایستی حداقل 130 میلی‌متر طول داشته و برای خطوط لوله با قطر بزرگتر، طول آنها حداقل 150 میلی‌متر باشد.

پ) در بسیاری از موارد، انشعابات با قطر داخلی کم که از عایق پوشیده شده‌اند، نادیده گرفته شده و ایزوله نگردیده‌اند.

ت) در چندین مورد صفحات لغزنده‌ی نازک مورد استفاده قرار گرفته و خم شده‌اند. از این رو برداشتن آنها مشکل ایجاد نموده است.

معمولاً صفحات فلزی بایستی طوری طراحی گردند تا فشاری برابر با فشار وارده بر لوله‌ها را تحمل نمایند. با این وجود جا دادن آنها در برخی از واحدهای قدیمی‌تر که جهت صفحات فلزی بسیار ضخیم طراحی نشده‌اند، غیر ممکن است. در این صورت باید از ضخامت صفحات لغزنده تا مقدار مناسبی کاسته شود.

1-2: شناسایی

1-2-1: لزوم برچسب گذاری

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در خیلی از موارد، خط لوله یا قطعه‌ای از تجهیزات اشتباهاً شکسته شده‌اند مانند:

الف) اتصالی که باید شکسته می‌گشت با گچ علامت زده شده بود. تعمیرکار اتصال دیگر را که از قبل با گچ علامت گذاری شده بود، شکست. در نتیجه ماده‌ی شیمیایی خورنده‌ای به صورت وی پاشیده شد.

ب) خط لوله‌ی خارج از سرویسی از نقطه‌ای که بایستی بریده می‌گشت، با گچ علامت گذاری شده بود. قبل از آنکه تعمیرکار کار را شروع نماید باران سنگینی علامت گچی را شست. تعمیرکار جایی را که با گچ علامتگذاری شده بود، به خاطر آورد. مشاهده گردید که وی با اره‌ی آهن‌بر خطی را که حامل مواد شیمیایی خطرناکی است برش می دهد.

پ) آب از اتصال موجود در خط واقع شده بر روی یک پل‌لوله چکه می‌کرد. داربستی جهت تعمیر برپا گردید. سرکارگر فرایند به منظور پرهیز از بالا رفتن روی داربست، از روی زمین به اتصال در حال نشت اشاره کرد و از تعمیرکاری خواست تا مجدداً اتصال را در خط آب برقرار نماید. اتصال مزبور در حقیقت در خط منواکسید کربن قرار داشت. بنابراین هنگامی که تعمیرکار اتصال را شکست بیهوش شد و به دلیل مناسب نبودن داربست به سختی نجات یافت. اگر سرکارگر فرایند با بالا رفتن از داربست خود را به اتصال روی پل‌لوله رسانیده بود، متوجه می‌شد که آب از خط منواکسید به بیرون چکه می‌کند.

ت) بایستی کلاهک موجود بر روی یک شیر آب برداشته می‌شد. کلاهک مزبور از یک طبقه بالاتر به تعمیرکار نشان داده شد. او یک طبقه پایین آمده و از پهلو به شیر نزدیک گردید و کلاهک یک شیر هوای فشرده را برداشت. شیر پرتاب شده و صورت شخص را مجروح نمود. همه‌ی حوادث مزبور و بسیاری دیگر با نصب یک برچسب شماره‌گذاری شده به اتصال یک شیر و ثبت این عدد در مجوز انجام کار می‌توانستند پیشگیری شوند. در حادثه بند (پ) سرکارگر مجبور بود برای زدن برچسب به بالای داربست برود تا مانع از به وقوع پیوستن حادثه گردد.

با این وجود علی‌رغم استفاده از سیستم‌های علامت‌گذاری، حوادث زیادی رخ داده‌اند. در یک واحد، تعمیرکاری اعداد روی برچسب را چک نکرد و اتصالی را که قبلاً برای کار دیگری برچسب گذاری شده بود شکست. برچسب در جای خود باقی گذاشته شده بود، درحالیکه بعد از کار بایستی برچسب‌ها برداشته شوند.

در واحد دیگری، سرکارگر به یک برنامه‌ریز اجازه داد تا برای او برچسب‌ها را نصب نماید و دیگر چک نکرد که این برچسب‌ها روی تجهیزاتی که بایستی نصب شوند نصب شده‌اند یا خیر. سرکارگر خطی را جهت تعمیر آماده نمود ولی برچسب‌ها بر روی خط دیگری نصب شده بودند.

1-2-2: نیاز به برچسب‌گذاری واضح و مشخص

الف) یک ردیف پمپ به ترتیبی که در شکل (6-1) نشان داده است، برچسب‌گذاری شده بودند. از تعمیرکاری خواسته شد تا پمپ شماره‌ی هفت را تعمیر نماید. او با خود استدلال نمود که آخرین پمپ،

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

پمپ شماره‌ی هفت می‌باشد و به چک کردن اعداد نپرداخت. هنگام باز نمودن پمپ مزبور، روغن داغ از پمپ خارج گردید و به وی برخورد نمود و فرد آسیبی شدیدی دید.

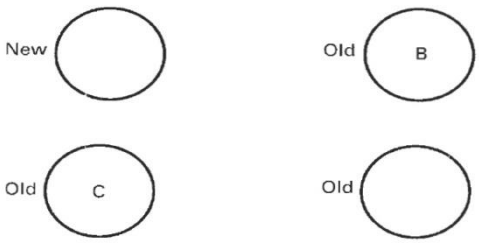
شکل 6-1: شماره گذاری پمپ بدین صورت منجر به خطا گردید

ب) در یک واحد، چهار دستگاه بلورساز وجود داشت، سه دستگاه قدیمی و یکی به تازگی راه‌اندازی و نصب گردیده بود. از شخصی درخواست گردید تا آنها را تعمیر نماید. هنگامی که او وارد ساختمان شد، دو دستگاه را با برچسب B و C یافت ولی دو تای دیگر برچسب‌گذاری نشده بودند. او تصور نمود که دستگاه بلورساز A، دستگاه قدیمی بدون برچسب است و روی آن شروع به کار کرد. در واقع شماره A ، دستگاه بلورساز جدید بود. سه دستگاه اولیه بلورساز، B و C و D نامگذاری شده بودند. دستگاه A جهت استفاده‌ی احتمالی در آینده ذخیره شده و برای آن نیز فضایی در نظر گرفته شده بود (شکل 7-1).

پ) دو کولر هوایی به ترتیبی که در شکل (8-1) نشان داده شده، برچسب‌گذاری شده بودند. برچسب B در کنار کولر B و در دورترین مکان ممکن از فن B، در مجاورت فن A قرار داشت. از کارگران خواسته شد تا فن B را تعمیر کنند، زیرا تصور شده بود آن فن مزبور همان فنی است که در مجاورت فن با برچسب B قرار گرفته و کارگران نیز آن‌را تعمیر نمودند. برق فن قطع نشده بود. اما خوشبختانه تعمیر تقریباً قبل از اینکه شخص بتواند فن را روشن کند به پایان رسید.

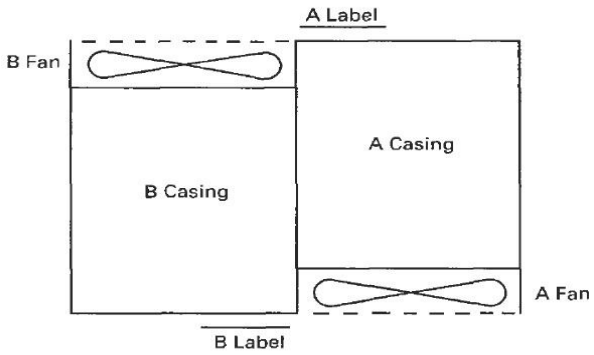
ت) اعداد مربوط به یک پمپ روی محافظ‌های کوپلینگ آن نوشته شده بودند. دیری نگذشت که کوپلینگ‌های دو پمپ مجاور هم تعمیر شدند. می‌توانید حدس بزنید که چه اتفاقی رخ داد. امروزه شماره‌های پمپ، روی بدنه‌ی پمپ‌ها نوشته می‌شوند. حتی بهتر این است که شماره‌های مربوط به پمپ روی پایه‌ی نگهدارنده‌ی آن نوشته شوند.

ث) در واحدی پمپ‌ها و کمپرسورها از عدد J1001 به بعد شماره گذاری شده بودند. هنگامی که همه‌ی اعداد به دستگاه‌ها داده شد، اعداد JA1001 به بعد مورد استفاده قرار گرفت. شماره‌های J1001 و JA1001 به گوش یکسان می‌رسند.



http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شکل 7-1: کدامیک دستگاه بلورساز A می‌باشد؟



شکل 8-1: کدامیک هواکش A می‌باشد؟

از اپراتوری خواسته شد تا JA1001 (پمپ کوچکی) را جهت تعمیر آماده کند. او به تصویر اینکه سرکارگر پمپ J1001 را گفته، به آماده ساختن آن اقدام نمود. J1001 کمپرسور 40000 اسب بخار بزرگی بود. خوشبختانه اندازه‌ی ماشین او را مردد ساخت. او از سرکارگر خواست که ایا واقعاً از او خواسته شده تا همان کمپرسور را خاموش کند یا خیر.

1-2-3: نیاز به دستورالعمل‌های واضح و روشن

الف) به منظور تغییر و اصلاح دیوارهای یک اتاق مجوز انجام کاری صادر گردید. تعمیرکاران بر روی سقف اتاق نیز شروع به کار نمودند و کابل‌های حامل جریان برق را قطع نمودند.

ب) جهت جوشکاری آن هم فقط در بالای مخزنی که از واحد بیرون آورده شده بود، مجوز کاری صادر گردید. هنگام به اتمام رسیدن کار، جوشکاران مخزن را غلتاندند، به طوریکه مخزن سر و ته گشته و مقداری از پسمانده‌هایی که آب روی آنها را گرفته بود، آتش گرفت.

1-2-4: شناسایی شیرهای اطمینان

در طول خاموشی یک واحد، دو شیر اطمینان با ظاهر یکسان از واحدی انتقال داده شده و جهت بازدید به کارگاه‌ها ارسال شدند. یکی از آنها جهت کار در فشار مانومتری 15 Psi (1 بار) و دیگری برای کار در فشار مانومتری 30 Psi (2 بار) تنظیم شده بود. فشارهای تنظیم شده روی فلنج‌ها حک شده بودند، اما این کار مانع تعویض شیرها با یکدیگر نگردید.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

تعدادی از حوادث مشابه در واحدها رخ داده است. چنین حوادثی می‌توانند با نصب برچسب‌های شماره‌دار روی شیر اطمینان به هنگام برداشتن آن و نصب برچسب دیگری با همان عدد به فلنج شیر مزبور قابل پیشگیری باشد یا حداقل احتمال وقوع آنها کمتر شود.

1-3: رفع خطرات

بسیاری از حوادث بدین دلیل روی داده‌اند که تجهیزات با وجود اینکه بخوبی ایزوله شده‌اند، کاملاً از مواد خطرناک پاک نشده یا فشار داخل آنها کاملاً تخلیه نشده و کارگرانی که در حال تعمیر بوده‌اند از این مسئله اگاهی نداشته‌اند.

1-3-1: تجهیزاتی که گاز آنها خالی نشده است

انجام آزمایش جهت اطلاع از وجود بخار یا گاز قابل اشتعال توسط یک آشکارساز احتراق، قبل از تعمیر و به ویژه جوشکاری یا صدور اجازه‌ی شروع کار گرم امروزه دیگر امری معمول شده است. حوادث زیر نشان می‌دهند که در صورت عدم انجام این آزمایش‌ها چه رخ می‌دهد:

الف) در اکتبر 1973 انفجاری در یک مخزن ذخیره‌سازی زیرزمینی 4000 متر مکعبی در کارخانه‌ی Sheffield Gas انگلیس رخ داد. در این حادثه شش نفر کشته و 29 تن مجروح گشته و مخزن به طور کلی خراب گردید. قسمت بالای مخزن به هوا پرت شده، غلطی زد و به طور وارونه در ته مخزن جای گرفت. مخزن حاوی نفتای سبک بوده و پیش از شروع تعمیر کاملاً پاک نشده بود. مخزن با آب پر شده و سپس خالی گردید، ولی مقداری از نفتا در سوراخ‌های موجود آن باقی مانده بود. (مثلاً ممکن است که نفتا از طریق سوراخ‌های ریز یا ترک خوردگی داخل سقف توخالی وارد مخزن شده و در هنگام خالی شدن آن بیرون آمده باشد). در این رابطه هیچ آزمایشی توسط آشکارسازهای گاز قابل احتراق انجام نشده است.

اعتقاد بر این است که بخار در اثر جوشکاری در مجاورت یک هواکش سرباز کشف شده است. جسد جوشکار در صدپایی محل، بالای یک مخزن گاز مجاور کشف شد در حالیکه که هنوز مشعل جوشکاری در دست او بود.

"طبق گزارش حادثه، بین بخش مسئول گاز و پیمانکاری که در حال تعمیر بوده، هیچ تقسیم مسئولیت مشخصی انجام نشده بود. مانند این مورد، در جائی که به دلیل طبیعت کار انجام شده احتمال خطر وجود دارد (کارفرما نسبت به آن خطر شناخت دارد)، کارفرما باید کنترل کافی عملیات را بر عهده داشته باشد تا مطمئن گردد که کارمندان پیمانکار در مقابل خطر به خوبی حفاظت شده‌اند[4]."

ب) دریچه‌ی آدم‌روی واقع در کف مخزنی که هنوز مملو از بخار بنزین بود، از مخزن جدا گردید. بخار از دریچه‌ی آدم‌رو خارج شد و آتش گرفت. همینکه بخار سوخت، هوا از راه هواکش به داخل مخزن مکیده شد و

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در نتیجه، محتویات داخل مخزن منفجر و به دنبال آن کل مخزن منفجر گشت و دود مساحت زیادی را در بر گفت[5].

پ) بایستی در طول خاموشی یک واحد، عمل جوشکاری روی لوله‌ی اگزوز یک شیر اطمینان انجام می‌گردید. لوله‌ی مزبور از هر دو سر جدا شد. چهار ساعت بعد فضاهای دور از شیر اطمینان توسط آشکارساز گاز قابل احتراق آزمایش گردید. دهانه‌ی آشکارساز تا آنجاکه امکان داشت داخل لوله‌ی انتهایی اگزوز جرقه‌ای زده شد و صدای انفجار به گوش رسید. خوشبختانه کسی آسیب ندید. گاز موجود در لوله‌ی انتهایی اگزوز (به طول 20 متر و شامل یک تعداد خمیدگی) پخش نگردیده و با آزمایشی که در انتهای دیگر لوله انجام گردید، کشف نشده بود.

قبل از صدور مجوز انجام کار جهت جوشکاری یا عملیات مشابه روی خط لوله‌ای که دارای مایع قابل اشتعال بوده و یا احتمالاً می‌باشد، خط را از یک سمت آن تا سمت دیگرش با نیتروژن یا بخار آب تمیز کرده و نقطه‌ای را که قرار است جوشکاری روی آن انجام شود تست کنید. در صورت نیاز ممکن است مجبور شویم سوراخی در خط لوله ایجاد نمائیم.

ت) جامدات موجود در یک مخزن تحت فشار می‌توانند گازها را در خود نگهداشته و به آرامی از خود خارج نماید. راکتوری که حاوی پروپیلن و یک لایه از دانه‌های پلی پروپیلن به ضخامت 1/5-1 متر بود، بایستی جهت تعمیر آماده می‌گشت. مخزن مزبور توسط نیتروژن 6 مرتبه پاک گردید. آزمایش انجام شده در مجاورت دریچه‌ی آدم‌رو نشان داد که فقط مقدار کمی از پروپیلن وجود دارد [کمتر از 5 درصد حد پایینی انفجار(LEL)] با این وجود هنگامی که راکتور از آب پر شد، گاز پخش گردیده و آشکارسازهای گاز در محوطه اطراف، 60 درصد LEL را ثبت نمودند.

مخزن مزبور در گذشته نیز سه بار به همان طریق برای تعمیر آماده شده بود اما در گذشته مقدار پودر موجود در آن به مراتب کمتر بود. به بخش 1-11(الف) و (ب) مراجعه نمایید.

ث) قرار بود که روی یک درام خالی برچسبی جوش داده شود. از آنجایی که درام از نوع جدید بوده، هیچکدام از موارد احتیاط رعایت نشده و هیچ آزمایشی نیز انجام نگردید. درام منفجر شد و پای جوشکار شکست. سازنده‌ی درام آن را با حلال قابل اشتعالی پاک کرده، گاز آن را آزاد نساخته و به مشتری نیز در این رابطه اخطار نداده بود.

1-3-2: پس از انجام آزمایش شرایط می‌تواند تغییر کند

همچنانکه قبلاً گفته شد، انجام آزمایش جهت اطلاع از وجود بخار و گاز قابل اشتعال توسط آشکارساز گاز قابل احتراق قبل از عمل تعمیر و بویژه قبل از شروع جوشکاری و سایر کارهای گرم امری معمول می‌باشد. به دلیل انجام آزمایش چند ساعت جلوتر و تغییر شرایط چند حادثه رخ داده است.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

الف) خط قدیمی پروپیلنی که تا 12 سال بدون استفاده باقی مانده بود، بایستی جهت استفاده‌ی مجدد تغییر و اصلاح می‌گردید. در دو سال اخیر یک سر این خط باز و سمت دیگر آن مسدود بود. اولین کار جوش دادن فلنج به انتهای روباز بود. اینکار بدون مسئله انجام پذیرفت. دومین کار عبارت بود از نصب یک انشعاب یک اینچی در 60 متری انتهای باز خط. سوراخی در لوله و داخل خط مورد آزمایش ایجاد شد. هیچ گازی کشف نشد. خوشبختانه چند ساعت بعد، درست قبل از آغاز جوشکاری، داخل لوله مجدداً آزمایش شد و گاز قابل اشتعال کشف گردید. اعتقاد بر این است که مقداری گاز تا 12 سال در خط باقی مانده و افزایش جزئی دما باعث شده تا گاز در خط لوله به حرکت درآید. بعضی‌ها ممکن است فکر کنند خطی که تا 12 سال بدون استفاده مانده، به هیچ تستی نیاز ندارد. خوشبختانه افراد دست اندرکار این نظر را نداشتند. آنها داخل خط را تست نموده و مجدداً قبل از شروع جوشکاری نیز آزمایش را تکرار کردند.

ب) هشت ساعت قبل از شروع کار بنزن در مجاورت هوا تست گردید، اما در طول آزمایش غلظت بنزن افزایش یافت.

پ) یک مخزن نگهدارنده‌ی اسید جهت جوشکاری آماده شد و مجوز برای انجام آن صادر گشت. (40 روز قبل از اینکه تعمیرکاران بتوانند کار را شروع نمایند، اینکار انجام پذیرفت). در طول این مدت مقدار ناچیزی از اسید باقی مانده در مخزن با فلز واکنش نموده و هیدروژن ایجاد کرده بود. هیچ آزمایش دیگری انجام نگردید. در نتیجه هنگامی که عمل جوشکاری آغاز شد، انفجاری مهیبی رخ داد.

ت) بایستی یک انشعاب به خط لوله‌ای که در مجاورت زمین قرار داشت جوش داده می‌شد. حفره‌ی کوچکی (به عمق 1/5-1 متر) ایجاد گردید تا امکان دسترسی به زیر خط لوله وجود داشته باشد. هوای موجود در گودال با آشکارساز گاز قابل احتراق تست شد و به دلیل آنکه هیچ گازی کشف نشده بود، مجوز انجام کار جوشکاری صادر گردید. نیم ساعت بعد، پس از اینکه جوشکار شروع به کار نمود، آتش سوزی کوچکی در داخل حفره رخ داد. مقداری هیدروکربنات از زمین نشت کرده بود. این حادثه نشان می‌دهد که انجام آزمایش درست قبل از شروع جوشکاری کافی نمی باشد. از این رو انجام آزمایش‌های مداوم با استفاده از یک آشکارساز گاز قابل احتراق مجهز به آلارم سیار لازم به نظر می‌رسد.

1-3-3: بخار می‌تواند از لوله‌های تخلیه‌ی مایع و گاز خارج شود.

تعدادی از حوادث بدین دلیل رخ داده‌اند که گاز یا بخار حین کار از لوله‌های تخلیه‌ی گاز و مایع خارج شده است. برای مثال:

الف) بایستی عمل جوشکاری در خط لوله‌ای که 20 پا از زمین فاصله داشت، انجام می‌گشت. نتیجه‌ی تست‌های انجام شده در داخل و مجاورت خط لوله منفی بود و از این‌رو مجوز انجام کار صادر گردید. یک قطعه از ضایعات جوشکاری داغ بر روی خط لوله سقوط نمود و سپس بعد از آن بر روی مخزنی افتاد که 6 متر محل جوشکاری پایین‌تر و 2/5 متر از آن دورتر بود. سرپوش روی مخزن شل بوده و در نتیجه مقداری

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

از نفت درون آن آتش گرفت. محل جوشکاری بایستی با پوشاندن ورقه‌های مقاوم در برابر آتش احاطه شود. با این وجود مقداری جرقه یا ضایعات ممکن است به زمین برسد. از این‌رو بایستی لوله‌های تخلیه‌ی مایع ممکن و مخازن پوشیده شده‌اند.

ب) هنگامی که یک سیم‌کش در حال نصب یک چراغ جدید بر روی دیوار بیرونی ساختمان بود، در اثر بخارات خارج شده از کانال تهویه واقع در 60 سانتی‌متری او آسیب دید و از ارتفاع سقوط نمود. در هنگام برنامه‌ریزی کار، باید خطرات ناشی از جریان برق و نیز خطرات کار بر روی نردبان مد نظر قرار گیرد.

1-3-4: مایع می‌تواند در خطوط باقی بماند

هنگامی که خطی بخوبی تخلیه یا پاک شده باشد، امکان دارد مایع در قسمت‌های پایین‌تر باقی بماند و در زمان شکسته شدن خط بیرون بیاید. این مسئله بخصوص زمانی خطرناک است که خطوط بالادستی بایستی شکسته شوند. از قیف‌ها و زمین سرازیر می‌شود. جهت جلوگیری از بروز سرریزی بایستی از قیف‌ها و خمیدگی‌ها استفاده نمود.

در هر زمان ممکن، نقاط تخلیه‌ی موجود در خط لوله بایستی در سطح پائین و صفحات لغزنده در سطح بالا نصب شوند.

1-3-5: ممکن است خطوط سرویس حامل مواد خطرناک باشند

در بخش 1-1-4 توضیح داده شد که به دلیل خوب ایزوله نشدن درام بخار، چگونه بخارات به داخل آن نفوذ کردند. حتی زمانی که خطوط سرویس مستقیماً به مواد فرایندی متصل نیستند، بایستی همیشه قبل از تعمیر آزمایش شوند، بخصوص اگر اجازه‌ی کار گرم روی آنها داده شده باشد، مانند حوادث زیر:

الف) یک خط بخار تخلیه شده و به صورت سرد بریده گشت. سپس مجرابندی به یکی از سرهای باز آن نصب گردید. جوشکاری قوس الکتریکی را برا جوش دادن مجرابند روشن نمود. انفجاری رخ داد و مجرابند از خط لوله پرتاب گردید، اما خوشبختانه به جوشکار اصابت ننمود. اسید از میان کویل حرارتی[1] خورده شده‌ی موجود در یک مخزن اسید به درون خط لوله‌ای نشت کرده و با آهن بکار رفته در بدنه لوله‌ی بخار آب واکنش نشان داد و در نتیجه هیدروژن ایجاد گردید.

ب) هنگامی که جوشکاری مشغول کار بر روی یک خط آب بود که به یک بویلر حرارتی ضایعات منتهی می‌گردید، گاز از اتصال شکسته‌ای خارج شد و آتش گرفت. جوشکار دچار سوختگی گردیده ولی جراحات او چندان جدی نبود. در بویلر حرارتی ضایعات یک لوله‌ی نشتی‌دار وجود داشت. معمولاً آب از همان محل به

[1] آب گرم یا بخار تهیه شده توسط بویلر، داخل یک کویل حرارتی که معمولا از چند شاخه لوله رفت و برگشتی که از جنس مس می‌باشد گردش نموده و پس از تبادل حرارت با دیوار لوله های مسی از کویل خارج می‌گردد. تبادل حرارت انجام شده باعث گرم شدن لوله مسی و در نهایت گرم شدن آب سرد خارج لوله که آنرا احاطه کرده است، می‌شود (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

داخل جریان فرایند نشت می‌کرد. با این وجود با خاموش کردن واحد، قبل از برداشتن فشار از روی قسمت فرایند، فشار از قسمتی که به خط آب متصل بود برداشته شده و در نتیجه جهت نشت معکوس گردید. فشار آب بایستی تا زمانی که فشار قسمت فرایند کاهش می‌یافت حفظ می‌گردید. بعلاوه داخل خطوط آب بایستی توسط آشکارساز گاز قابل احتراق آزمایش می‌گردید.

1-3-6: فشار محبوس شده

اگر تجهیزات توسط صفحات لغزنده ایزوله شوند و فشار از طریق شیرها و یا به دلیل ترک برداشتن یک اتصال تخلیه شود، این امکان وجود دارد، فشار در جای دیگری از تجهیزات محبوس گردد. چنانکه حوادث زیر این مسئله را نشان می‌دهند:

الف) این حادثه در خطی که تمام قسمت‌های آن به هم جوش داده شده بود، رخ داد. شیرها نیز به خط جوش داده شده بودند. به منظور پاک‌کردن گرفتگی، تعمیرکاری سرپوش و داخل شیری را برداشت. او متوجه گردید که گیره توسط یک جسم جامد مسدود شده، از این‌رو شروع به تراشیدن آن نمود. با انجام آن کار جریان شدیدی از ماده‌ی خورنده که زیر جسم جامد قرار داشت، خارج شده و به صورت او خورده و عینک ایمنی او را با فشار کنار زد و به چشمان او وارد گردید.

ب) یک خط قدیمی اسید در حال باز شدن بود. اولین اتصال بدون مسئله باز گردید. اما هنگام باز نمودن دومین اتصال، اسید تحت فشار خارج شد و به صورت تعمیرکار و همکارش پاشید. بر اثر این حادثه اسید با لوله واکنش نشان داده، در بعضی قسمت‌ها فشار گاز ایجاد کرده و قسمت‌های دیگر را با گل و لای مسدود نمود.

پ) اتصالی در یک خط اسید (که گرفتگی آن تشخیص داده شده بود) به دقت شکسته شد، اما فقط یک قطره اسید خارج گشت. پیچ و مهره‌های بیشتری در آورده شد و اتصال جدا گردید ولی اسیدی خارج نشد. هنگامی که آخرین پیچ و مهره برداشته و اتصال آن‌ها از هم جدا شد. با آزاد شدن ناگهانی فشار، اسید به صورت تعمیرکار پاشید.

در هر سه مورد، خطوط بخوبی از تجهیزات مورد استفاده برای کارهای تعمیراتی ایزوله نشده بودند. در مجوز انجام کار قید شده بود که بایستی از عینک ایمنی استفاده نموده و مراقب فشار محبوس شده بود.

به منظور پرهیز از بروز چنین آسیب‌هایی هنگام شکستن اتصالات بر روی خطوطی که احتمالاً حاوی مایعات خورنده‌ی محبوس شده و تحت فشار می‌باشند بایستی از کلاه‌های ایمنی و یا کلاه کاسکت استفاده نمود، به دلیل اینکه هم فشار نمی‌تواند از یک شیر خارج شود و هم خطوط ممکن است حاوی رسوبات جامد باشند. سایر حوادث ناشی از فشار محبوس شده در بخش 1-17 توضیح داده شده‌اند.

1-3-7: تجهیزاتی که به بیرون از واحد فرستاده شده‌اند

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

هنگامی که قطعه‌ای از تجهیزات جهت تعمیر یا تغییر به کارگاه یـا کمپـانی دیگـری فرسـتاده مـی‌شـود، بایستی (در هر زمان ممکن) قبل از خارج کردن آن از واحد مطمئن گشـت کـه پـاک و تمیـز باشـد. معمـولاً پیمانکاران به مواد شیمیایی آشنایی ندارند و از چگونگی استفاده از آنها بی‌اطلاع می‌باشند.

با این وجود گهگاه اطمینان از تمیز بودن کامل و عاری از لکه بودن قطعه‌ای از یک دستگاه ممکـن اسـت میسر نباشد به خصوص اگر قطعه‌ی مزبور حاوی روغن پسمانده یا ماده‌ای باشد که پلیمریزه می‌گردد. اگر این مورد مطرح باشد یا اگر در مورد پاکیزگی آن قطعه شک و شـبهه‌ای وجـود داشـته باشـد، آن‌وقـت خطـرات و موارد احتیاطی لازم را بایستی به کارگاه یا کمپانی گوشزد نمود. اینکار با چسباندن یک گـواهی بـه تجهیـزات می‌تواند انجام پذیرد. این گواهی مجوزی برای انجام کار نمی‌باشد و اجـازه‌ی هـیچ کـاری را نمـی‌دهـد، بلکـه وضعیت تجهیزات را بیان نموده و اطلاعات کافی را در اختیار سایر کمپانی‌ها قرار می‌دهد تا آنان بتوانند بـدون خطر، عمل تعمیر یا تغییر را انجام دهند. پیش از صدور گـواهی، مهنـدس مسـئول بایسـتی متـدهایی را کـه کمپانی دیگر جهت استفاده پیشنهاد می‌کنند، مورد بحث و بررسی قرار دهد. در صورت پیچیده بودن مسـائل، تعدادی از پرسنل واحد ممکن است مجبور باشند تا از کمپانی دیگر بازدید به عمل آورند. حادثه زیـر نیـاز بـه رعایت این موارد احتیاط را نشان می دهد.

یک مبدل حرارتی بزرگ (هشت فوت طول در 8/5 فوت قطر) جهت لوله‌گذاری مجدد به کمپانی دیگـری فرستاده شد. مبدل مزبور 800 لوله‌ی 2/5 اینچی داشت که فقط 80 عدد از آنها مجهـز بـه مجرابنـد بودنـد. لوله‌ها حاوی ماده‌ی فرایندی بودند که امکان داشت در آنها گرفتگی ایجاد نماید. همچنین پوسته‌ی مبدل نیـز دارای بخار آب بود.

پیش از خارج ساختن مبدل از واحد، لوله‌های آزاد با جریان شـدیدی از آب، بـا فشـار بـالا تمیـز شـدند. لوله‌های مجهز به مجرابند با ایجاد سوراخ‌های $\frac{3}{8}$ اینچی در روی مجرابندها جهـت آزاد سـاختن هرگونـه فشـار محبوس شده‌ای بازگشتند. اما سوراخ‌های مزبور به قدر کافی بزرگ نبودند تا امکان تمیز شدن لوله‌ها را فراهم سازند.

یک گواهی به مبدل وصل شده بود که در آن اجازه‌ی جوشکاری و کار گرم برای آن مبدل صادر شده بود اما این اجازه فقط در خصوص جوشکاری روی پوسته بود. پیمانکار (که غالب لوله‌ها را برداشـته بـود) تصـمیم گرفت تا کارگران را به داخل پوسته بفرستد تا لوله‌های اتصال داده شده را تراش دهند. او به واحـد تلفـن زد و خواست تا در صورتی که خطری ندارد به کارگران اجازه‌ی ورود به پوسته داده شـود. او تحـت هـیچ شـرایطی حاضر به پاسخ‌گویی نشد که چرا از آنها این کار را خواسته است.

مهندس واحدی که با تلفن صحبت کرده بود، گفت که پوسته تمیز بـوده و بنـابراین ورود بـه آن خطـری ندارد. به او گفته نشد که کارگران به قصد شکستن برخی از لوله‌ها در حال رفتن به داخل آن هسـتند. دو تـن در داخل پوسته قرار گرفته و کار به روز بعد موکول گشت. سپس سه کارگر دیگر کار را مجدداً آغاز نمودند، به طرزی آسیب دیدند به طوریکه همان روز بستری گردیدند. خوشـبختانه حـال آنـان بـزودی بهبـود یافـت.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

گواهی متصل شده به مبدلی که در حال خروج از واحد است می‌بایستی حاوی اطلاعات بیشتری باشد. بایستی گفته می‌شد که لوله‌ها مجهز به مجرابند کثیف بوده و حاوی مواد شیمیایی هستند که هنگام گرم شدن، بخار از خود پس می‌دهند. بهتر این بود که لوله‌های مجهز به مجرابند باز شده و تمیز شوند. درنتیجه پیمانکار مجبور می‌گردیدکه مجرابندها را بردارد. پس چرا قبل از ترک واحد نباید آنها را برداشت؟ آیا دستورالعمل‌های شما شامل نکات ذکر شده در این بخش می‌باشد؟

1-4: عدم پیروی از مراحل کار

قبل از تعمیر قطعه‌ای از تجهیزات، صدور مجوز انجام کار برای تعمیرکاران امری متداول می‌باشد. مجوز انجام کار شامل موارد ذیل می باشد:

1) چه بایستی انجام شود؟
2) تجهیزات چگونه ایزوله و شناسایی می‌شوند؟
3) در صورت وجود هرگونه خطر چه عواقبی به دنبال خواهد داشت.
4) چه موارد احتیاطی بایستی رعایت شود.

این بخش حوادثی را توضیح می‌دهد که به دلیل وجود اشکالاتی در مراحل صدور مجوز انجام کار و یا عدم پیروی از آن مراحل رخ داده‌اند. هیچ وجه تمایزی بین این دو مقوله وجود ندارد. اغلب مراحل کار، کلیه‌ی شرایط را در بر نداشته و یا به نظر می‌رسد که این شرایط را دارا می باشند. دست‌اندرکاران از این نقطه ضعف به عنوان یک دلیل یا بهانه برای میان‌بر زدن استفاده می‌کنند، مانند دو حادثه‌ی زیر:

1-4-1: تجهیزاتی که پس از صدور مجوز به کار می‌روند

الف) به یک سرکارگر لوله‌کشی اجازه داده شد تا خط لوله‌ای را اصلاح نماید. ساعت 4 بعد از ظهر لوله‌کش‌ها به قصد آنکه روز بعد کار را به پایان برسانند به خانه رفتند. در طول غروب سرکارگر فرایند مد نظر داشت تا از خطی که لوله‌کش‌ها روی آن کار می‌کردند، استفاده نمایند. او بی‌خطر بودن خط را چک نموده و از تعمیرکار شیفت درخواست نمود که مجوز انجام کار را امضا نماید. صبح روز بعد لوله‌کش‌ها که نمی‌دانستند مجوز انجام کار آنها لغو شده به کار بر روی خطی که در حال استفاده بود، پرداختند.

به منظور جلوگیری از وقوع مجدد حوادث مشابه باید مشخص گردد که مجوز انجام کار، باید توسط شخصی که آن‌را می‌گیرد امضا شود و یا کسی که مسئولیت خود را به دیگری تحویل می‌دهد و آیا بایستی از هر مجوز انجام کار دو نسخه و بیشتر تهیه گردد که یکی در دست تعمیرکاران و دیگری در پرونده متعلق به گروه فرایند نگهداشته شود و یا به صورت دیگر می‌باشد.

ب) سرپوش دریچه‌ی آدم‌رو از راکتور برداشته شده، به طوریکه مقداری از کاتالیست مازاد بتواند به داخل آن ریخته شود. پس از برداشتن سرپوش معلوم گردید که تا روز بعد نیروی انسانی مورد نیاز حضور ندارند. از

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

این‌رو تصمیم گرفته شد که سرپوش دریچه‌ی آدم‌رو را عوض نمایند. عصر هنگام سرکارگر تعمیر به خانه رفت و مجوز انجام کار را در دفتر محل کارش که درب آن قفل بود، جای گذاشت. بنابراین راکتور بسته شده و احیاء کاتالیست با جوازی که هنوز در دست اجرا بود صورت پذیرفت. بنابراین روز بعد تعمیرکار (با در دست داشتن مجوز انجام کار) مجدداً به برداشتن سرپوش دریچه‌ی آدم‌رو اقدام نمود و هنگام انجام آن با مایع فرایند خیس گردید. خوشبختانه بیشتر مایع، آب بود و به او آسیبی نرسید.

راکتور نباید بسته می‌گشت و تا زمان لغو مجوز انجام کار اولیه در خط قرمز قرار می‌گرفت و در صورت قفل بودن آن، سرپرستان تعمیر باید با خبر می‌شدند. به استثنای موارد اضطراری، عملیات واحد هرگز نباید زمانی که مجوز انجام کار در مرحله اجرا بر روی تجهیزات است انجام گیرد.

1-4-2: عدم استفاده از لباس‌های ایمنی

حوادث ذیل نمونه‌ای از این نوع هستند:

الف) جهت کار روی یک خط اسید مجوز انجام کاری صادر گردید که در آن قید شده بود بایستی از عینک ایمنی استفاده نمود. با وجود تخلیه شدن خط، ممکن بود مقداری فشار در آن محبوس شده باشد (به بخش 6-3-1 مراجعه نمایید). شخصی حین کار، از عینک ایمنی استفاده ننموده و اسید به داخل چشمان او پاشید.

در نگاه اول فرد مجروح عامل این حادثه بود و در اینجا مسئله‌ای وجود نداشت که کس دیگری بتواند آن‌را رفع نماید. با این وجود، تحقیقات بعدی نشان داد که در کلیه‌ی مجوزهای صادر شده حتی برای تعمیر خطوط آب بر پوشیدن عینک ایمنی تأکید شده است. از این رو تعمیرکاران اغلب این دستورالعمل را نادیده گرفته و مدیران از آن چشم‌پوشی کرده‌اند. هیچکس به تعمیرکار نگفته بود که بایستی در حین انجام این‌کار حتماً از عینک ایمنی استفاده نماید. درست نیست که مدیران جهت مبرا ساختن خویش، در مجوز کار، پوشیدن لباس محافظ بیش از حد نیاز را قید کنند. آنها بایستی فقط خواستار آنچه که مورد نیاز است باشند و سپس روی پوشیدن آن تأکید ورزند.

ب) به دو نفر گفته شد تا حین تعمیر یک کمپرسور که با گاز محتوی سولفید هیدروژن سر و کار داشت، ماسک اکسیژن بزنند. کمپرسور پاک شده اما ممکن بود مقادیر ناچیزی از گاز در آن باقی مانده باشد. یکی از افراد که برای استفاده از شیر سنگین مجاور کف زمین دچار اشکال شده بود ماسک خود را برداشت. او در اثر گاز (سولفید هیدروژن یا احتمالاً نیتروژن) بیهوش گردید. این بار نیز مقصر نمودن شخص آسان بود، اما از او خواسته شده بود تا کاری را که انجام دادن آن با ماسک اکسیژن مشکل بوده انجام دهد. پرسنل واحد نتوانستند او را مقصر بدانند (راحت‌ترین راه)، در عوض آنان درصدد تهیه‌ی وسایل کمکی بالابر مناسب برآمدند.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در بخش 2-3 حوادث مشابهی بحث شده است. بجای مقصر شناختن کارگرانی که در اشتباهند یا از دستورالعمل‌ها پیروی نمی‌کنند، بایستی با تغییر موقعیت کار یعنی طرح یا روش عملیات به جبران اشتباهات پرداخت.

پ) در مجوز انجام کاری خواسته شده بود تا برای انجام آن از عینک ایمنی استفاه شود. استفاده‌ی همیشگی از این عینک‌ها معمول نبوده و در نتیجه شخص مسئول به طرز اجتناب‌ناپذیری مجروح گشت. این حادثه از حادثه‌ی بند (الف) که پوشیدن عینک‌های ایمنی را ایجاب می‌کرد، متمایز می‌باشد.

تحقیقات نشان داد که سرکارگر و مدیر می‌دانسته‌اند که همیشه از عینک استفاده نمی‌شود، ولی به منظور پرهیز از هرگونه جر و بحث و نیز جلوگیری از تأخیر در کار مسئله را نادیده گرفته‌اند. کارگران این‌را می دانسته‌اند و بخود می‌گفتند پوشیدن عینک ایمنی نمی‌تواند مهم باشد. از این‌رو سرکارگر و مدیر، مسئول وارد آمدن خسارات اجتناب ناپذیر به کارگر بودند. افرادی که کارهای روزمره و همیشگی را انجام می‌دهند بی‌دقت می‌شوند. نمی‌توان از سرکارگرها و مدیران انتظار داشت که همه وقت بر این‌گونه افراد نظارت داشته باشند. اما آنها می‌توانند بررسی‌های معمولی را انجام دهند تا ببینند که موارد احتیاط رعایت شده است یا خیر و زمانی که متوجه سرپیچی کارگران از قوانین و مقررات می‌شوند می‌توانند انتقاد کنند. یک کلمه‌ی دوستانه قبل از وقوع حادثه خیلی بهتر و تأثیرگذارتر از یک اقدام تنبیهی می‌باشد.

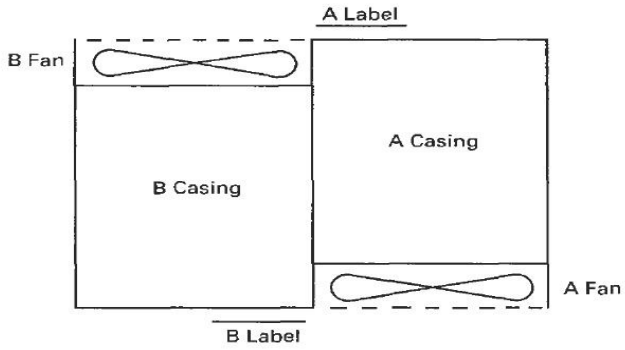
1-4-3: انجام کار در نزدیکی محدوده‌ی واحد

قبل از صدور مجوز انجام کار جوشکاری یا سایر کارهای گرم، اطمینان از عدم وجود نشتی گاز یا مایع قابل اشتعال در مجاورت محل کار یا عدم وجود شرایط غیرعادی که احتمالاً به یک نشت منجر می‌شود، اقدامی معمول می‌باشد. مفهومم «مجاورت محل کار» به ویژگی ماده‌ای که ممکن است نشت کند، شیب زمین و غیره بستگی دارد. برای مایعاتی که بسیار قابل اشتعالند، اغلب فاصله 15 متر در نظر گرفته می‌شود.

به دلیل مشتعل شدن گاز یا مایع نشت شده در یک واحد و جوشکاری که در واحد مجاور مشغول به کار بود، آتش‌سوزی‌های متعددی رخ داده است. قبل از صدور اجازه‌ی کار جوشکاری یا سایر کارهای گرم در 15 متری محدوده‌ی یک یونیت، سرکارگر یونیت مجاور بایستی امضای مجوز انجام کار را تأیید نماید.

هنگامی که خط لوله‌ی یک واحد از میان یونیت دیگری عبور کند، خطرات مشابهی رخ می‌دهد. فرض نمایید که خط لوله‌ی منطقه‌ی A از میان نقطه‌ی B بگذرد و این خط لوله بایستی در منطقه B شکسته شود (شکل 9-1).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 9-1: چه کسی بایستی اجازه دهد تا خط لوله در نقطه‌ای قطع شود؟

شخصی که در حال انجام این کار است در معرض دو خطر مشخص قرار دارد، خطرات ناشی از محتویات خط لوله (سرکارگر منطقه A از این نوع خطرات آگاه است) و خطرات ادامه‌ی کار در منطقه B (سرکارگر منطقه‌ی B از این نوع خطرات آگاه است). اگر مجوز انجام کار برروی خط لوله از سوی سرکارگر منطقه A صادر شود سرکارگر منطقه‌ی B بایستی امضای مجوز انجام کار را تأیید نماید. در صورتی که مجوز انجام کار از سوی سرکارگر منطقه‌ی B صادر شود، بایستی سرکارگر منطقه‌ی A امضای مجوز کار را تأیید نماید. سیستم مزبور بایستی تحت پوشش دستورات محلی قرار گرفته و به وضوح فهمیده شود. به دلیل آنکه سرکارگر A مجوز انجام کار را برای کار برروی انتقال دهنده‌ی جریان در خط لوله‌ای واقع در منطقه‌ی B صادر نمود، حادثه‌ای رخ داد. سرکارگر منطقه‌ی B مجوز انجام کاری را جهت تراشکاری صادر نمود. او عدم وجود گاز قابل اشتعال را چک کرده و دستور داد تا لوله‌های تخلیه‌ی مایع را بپوشانند. او از چگونگی کار بر روی جریان‌سنج چیزی نمی‌دانست. اگر همین اتفاق در کارخانه‌ی شما به وقوع می‌پیوست چه اتفاقی در پیش رو قرار داشت؟

1-4-4: تعمیرات روی آب

جوشکاری در یک خندق که لوله در داخل آن جاسازی شده بود مشغول ساختن یک خط لوله‌ی جدید بود، در حالی که در 20 متری محل صفحه‌ی لغزنده‌ای از یک لوله‌ی دیگر که محتوی روغن سبک بود، در حال برداشته شدن بود. اگرچه لوله با نیتروژن پاک شده بود، اما متوجه شدند که احتمالاً مقدار کمی روغن هنگام شکسته شدن اتصال بیرون ریخته است. اما اعتقاد بر این بود که بخار به جوشکاران نرسیده است. متأسفانه خندق لوله پس از یک بارندگی سنگین پر از آب شده و روغن در سطح آب پخش گردیده و با مشعل جوشکاری آتش گرفته بود. یکی از افرادی که بر روی صفحه‌ی لغزنده کار می‌کرد به طرز بدی دچار سوختگی گردید و سرانجام درگذشت.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

اولین درسی که از این حادثه می‌آموزیم این است که نباید اجازه‌ی جوشکاری بر روی استخرهای بزرگ آب داده شود. سرریزهایی که دور از محل رخ می‌دهند ممکن است مشتعل شوند. در سال 1970، 35 تن بنزین در ship canal منچستر انگلیس سرریز نمود. دو ساعت و نیم بعد، در یک کیلومتری محل، بنزین آتش گرفت و شش نفر کشته شدند. دومین درس این است که وقتی شکستن اتصالات بزرگ به طور مرتب لازم است، باید یک وسیله‌ی مناسب برای تخلیه‌ی خط فراهم شود. نباید گذاشت تا محتویات هنگام شکسته شدن اتصال روی زمین جاری شوند. چرا برای برداشتن یک صفحه‌ی لغزنده در 20 متری محل جوشکاری، یک مجوز انجام کار صادر گردید؟ با وجود اینکه معمولاً نباید بخار تا این اندازه پخش شود، اما محل دو کار مزبور بسیار نزدیک به یکدیگر بود.

سرکارگری که مجوز انجام کار را صادر نموده بود، در درجه‌ی اول مسئول راه اندازی واحدی بود که از محل کار فاصله داشت. چون آنان مشغول کار برای راه‌اندازی بودند، با فاصله زمانی مناسب از خندق لوله بازدید به عمل نیاورده‌اند. اگر آنان بلافاصله قبل از صدور اجازه برای آغاز برداشتن صفحه‌ی لغزنده آن‌را دیده بودند، می‌فهمیدند که محل دو کار به یکدیگر نزدیک است. آنان ممکن بود به این مسئله پی ببرند که روغن در سطح آب موجود در خندق پخش خواهد شد.

پس از این حادثه یک سرکارگر برای یک روز خاص جهت نظارت در امور نصب و ساختمان و تماس با گروه مربوطه منصوب گردید. گروه‌های نصب و ساختمان این سیستم را ترجیح می‌دهند. زیرا بدین ترتیب آنان فقط به جای چهار سرکارگر شیفت با یک سرکارگر فرایند سر و کار خواهند داشت. برای سایر حوادث در رابطه با گروه نصب و ساختمان به بخش 2-4-5 (ب) مراجعه نمایید.

1-4-5: سوء تعبیرها

بسیاری از حوادث به دلیل تعبیر نادرست مفاهیم کلمات و عبارات رخ داده است. در ذیل به دو نمونه حادثه اشاره شده است:

الف) به منظور انتقال پمپی جهت معاینه، مجوز انجام کاری صادر گردید. پمپ خاموش شده، انتقال یافت و سرهای باز آن نیز مسدود گردیدند. صبح روز بعد، سرکارگر تعمیر برای نشان دادن اینکه کار انتقال پمپ پایان یافته، مجوز انجام کار را امضا نمود. سراپراتور شیفت صبح به مجوز انجام کار نگاهی انداخته و متوجه گردید که کار به اتمام رسیده است. او از تکنسین برق خواست تا فیوزها را عوض نماید. تکنسین برق آنها را تعویض نموده و برای نشان دادن اینکه کار به اتمام رسیده، مجوز انجام کار را امضا نمود. تا آن موقع سراپراتور شیفت عصر سر کار آمده بود. او به منظور چک نمودن پمپ بیرون رفت و متوجه گردید که پمپی در آنجا قرار ندارد.

در مجوز انجام کار قید شده بود تا پمپ برای معاینه انتقال یابد. گاهی مجوزهای انجام کار جهت انتقال پمپ معاینه و تعویض آنها صادر می‌شوند. اما در چنین موقعیتی مجوز انجام کار فقط برای جابجایی و انتقال

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

صادر شده بود (به بخش 2-1-1 مراجعه نمایید). وقتی سرکارگر تعمیر مجوز انجام کار را امضا کرد، نشان داد که کار به پایان رسیده است. منظور او این بود که عمل جابجایی و انتقال پایان یافته است. با این حال، سراپراتور به طور کامل مجوز انجام کار را مطالعه نکرده و تصور می‌نمود که معاینه پایان یافته است.

پیام اصلی کاملاً روشن است، مجوزهای انجام کار را بایستی به دقت مطالعه و از نگاه اجمالی و گذرا به آنها پرهیز نمایید.

زمانی که تعمیرکار مجوز انجام کاری را امضا می‌نماید، نشان می‌دهد که کار به اتمام رسیده است. او این منظور را می‌رساند که کاری را که فکر می‌کرده باید انجام دهد به پایان رسانده است. ممکن است این کار همان کاری نباشد که از او انتظار می‌رفته تا انجام دهد. از این‌رو کار بایستی همیشه توسط گروه فرایند بازرسی شود تا اطمینان حاصل گردد که کار انجام یافته همانی است که خواسته شده است.

هنگام به امضا رساندن یک مجوز انجام کار یا تحویل آن، مهندسین فرایند و تعمیرکاران بایستی با یکدیگر صحبت نمایند. گذاشتن مجوز انجام کار روی زمین به خیال آنکه شخص آنرا امضا می‌نماید صحیح نمی‌باشد.

ب) زمانی که مجوز انجام کار جهت حفاری زمینی صادر شود، تأیید عدم وجود کابل‌های مدفون شده در زیر زمین از طرف یک تکنسین برق یک کار عادی می‌باشد. با این حال حفاری دیگر چه لزومی دارد؟ از پیمانکاری خواسته شد تا زمین را صاف و هموار نموده و برای انجام این کار مجوزی دریافت نماید. در این مجوز انجام کار، حفاری درخواست نشده بود، از این‌رو سرکارگر فرایند با تکنسین برق مشورت نکرد. پیمانکار با استفاده از بیل مکانیکی چندین فوت از زمین را کند و کابل حامل جریان برق را قطع نمود. با توجه به این حادثه، کلمه‌ی حفاری به تعریف دقیق‌تری نیاز دارد.

1-4-6: صدور مجوز انجام کار جهت انجام یک کار مخاطره آمیز!؟

برای اداره‌ی بی‌خطر عملیات تعمیر به یک مجوز انجام کار نیاز می‌باشد. اما صدور مجوز انجام کار به تنهایی باعث بی‌خطر شدن کار نمی‌گردد و فقط فرصتی فراهم می‌کند تا آنچه که جهت بی‌خطر ساختن تجهیزات انجام می‌شود، چک شده، موارد احتیاط لازم مرور گردیده و به کسانی که کار را انجام می‌دهند اطلاع داده شود.

لازم است به نقل قولی که در یک گزارش رسمی آمده اشاره نماییم:

«آنان خود را با مشکل تنظیم برخی از ماشین‌های حفاری روی غلطک‌های سنگین مواجه دیدند. صدور مجوز انجام کار راه حل مناسبی بود اما در واقع این مجوزی بود برای یک کار مخاطره انگیز تا مجوزی که اجازه‌ی انجام یک کار بی‌خطر را صادر می‌نمود. مجوز انجام کار فوق به تعمیرکار اجازه داد تا به کار بر روی ماشین آلات متحرک بدون حفاظ بپردازد. مجوز انجام کار دوم برای امدادگر صادر گردید تا بتواند در نزدیکی محل مستقر شده، تعمیرکار را در صورت کشیده شدن به داخل دستگاه نجات دهد. در حقیقت راه حل

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

ساده‌ای وجود داشت. کاملاً ممکن بود که سیم‌های کنترل کننده تنظیم دستگاه را به بیرون از حفاظ انتقال دهند، طوریکه ماشین آلات بتوانند (هنگامی که هنوز در حرکت هستند) از محل امنی تنظیم شوند».

1-5: کیفیت تعمیر

همچنانکه حوادث زیر نشان می‌دهند، بسیاری از حوادث به دلیل عدم انجام تعمیرات طبق قواعد مهندسی مناسب (اغلب غیر مدون) رخ داده‌اند.

1-5-1: راه‌های صحیح و غلط جهت شکستن یک اتصال

یکی از علل آتش سوزی که در بخش 1-1-1 توضیح داده شد، شکستن اتصال به طرز نادرست می‌باشد. تعمیرکار همه‌ی پیچ و مهره‌های سرپوش پمپی را برنداشت و سپس برای در آوردن سرپوشی که روی ستون‌ها محکم شده بود از یک گوه استفاده نمود. ناگهان سرپوش کنده شده و روغن داغ به بیرون پاشیده شد.

روش صحیح شکستن عبارت است از شل کردن پیچ و مهره‌هایی که از شما بیشترین فاصله را دارند و در صورت لزوم جدا نمودن سطوح اتصال با استفاده از یک گوه. در صورت وجود هرگونه مایع یا گاز تحت فشار می‌توان اجازه داد تا فشار مایع یا گاز به آرامی افت پیدا نماید.

فقط روغن‌های قابل اشتعال نیستند که باعث ایجاد حوادث می‌شوند. در حادثه‌ی دیگر (با اینکه فشار مانومتری فقط 19 اینچ آب بود (0/33 Psi یا 0/023 بار) هنگام برداشتن سرپوش از شیر بزرگ روی خط آب داغ، دو کارگر به طرز بدی دچار سوختگی گردیدند. آنها همه‌ی پیچ و مهره‌ها را در آورده، سرپوش را به جعبه‌ی قرقره‌ی زنجیری متصل کرده و سعی نمودند تا سرپوش را بلند نمایند. به منظور درآوردن سرپوش، آنها سعی کردند تا آن‌را به حرکت درآورند. ناگهان سرپوش به خودی خود درآمد و آب داغ به روی پاهای کارگران پاشیده شد.

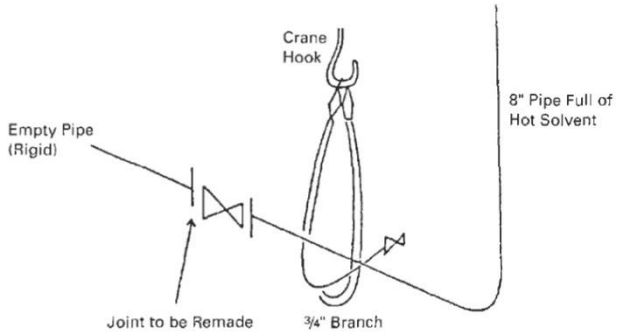
2-5-2: استفاده از نیروی بیش از حد

بایستی در یک خط 8 اینچی محتوی حلال داغ، اتصالی مجدداً ساخته می‌گردید. هر دو طرف اتصال $\frac{3}{4}$ اینچ بیرون از خط بودند. در آن لحظه در یک واحد جرثقیلی موجود بود. از این‌رو تصمیم گرفته شد تا به آرامی برای بلند کردن یکی از خطوط استفاده نمایند. تسمه‌ی بالابر، یک انشعاب $\frac{3}{4}$ اینچی را کشید و آنرا شکست (شکل 10-1).

استفاده از یک جرثقیل برای کاری مشابه این کار در روی خطی که مملو از ماده‌ی فرایند است، ایده‌ی مناسبی نمی‌باشد.

http://mohandes-iran.com

خوشبختانه بخار در حال نشت، مشتعل نگردید، اگرچه آب موجود در مجاورت آنجا از یک محل حفاری شده به بیرون پمپاژ شده بود ولی زمانی پمپ دیزل مورد استفاده قرار می‌گرفت، اما استفاده از آنها تنها چند ماه قبل از حادثه ممنوع شده بود.



شکل 10-1: هنگام استفاده از جرثقیلی که جهت حرکت دادن خطوط حامل جریان به کار رفت، انشعابی شکسته شد.

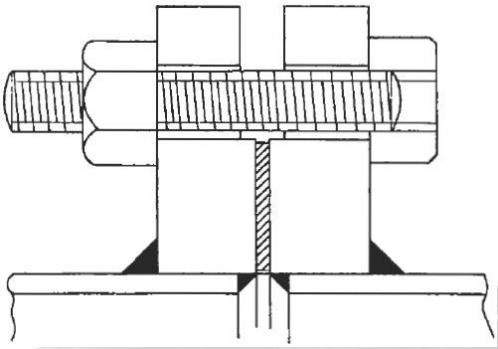
1-5-3: نادیده گرفتن تنش‌های ایجاد شده

الف) زمانی که پس از یک خاموشی طولانی واحدی روی خط برگشت، تعدادی از فلنج‌ها به جای پیچ و مهره‌های معمولی با مهره و پیچ‌های دوسر دنده‌ای محکم شدند و تعدادی از پیچ‌های دوسر دنده طوری جاسازی شدند که برآمدگی یک طرف بیشتر از طرف دیگر بود. روی بعضی از فلنج‌ها، یکی از پیچ‌ها فقط با دو یا سه حدیده محکم گشته بودند (شکل 11-1).

کسی اطلاع نداشت که چرا اینکار انجام شده بود. احتمالاً یک پیچ محکم‌تر از دیگری بوده و هنگام محکم کردن این پیچ تمامی دنده‌های پیچ در داخل دومین مهره فرو رفته بود. نتیجه هر چه که باشد، این مسئله موقعیت خطرناکی ایجاد نمود، زیرا فشار قطعات مختلف فلنج یکی نبود. به علاوه پیچ‌های دو سردنده نباید با بی‌احتیاطی با پیچ‌های معمولی قاطی شده یا به جای آنها استفاده شوند. آنها اغلب از درجات مختلف فولاد ساخته شده و تنش گوناگونی را ایجاد می‌کنند. در واحد مربوطه برای اتصالات هشت پیچی هر بار یک پیچ عوض می‌شد، و تا مرحله‌ی بعدی خاموشی واحد، اتصالات چهار پیچی با گیره نگه داشته می‌شدند.

ب) در یک سیستم بزرگ، گاز سوختنی که در فشار محفظه‌ی گاز کار می‌کرد نشتی رخ می‌دهد. به منظور جلوگیری از خاموشی واحد، یک جعبه‌ی چوبی در اطراف محل نشت ساخته شد و با بتن پر گردید. قرار بود این کار به طور موقت صورت گیرد اما چون با موفقیت همراه بود چندین سال ادامه یافت.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 11-1: نصب نادرست پیچ و مهره‌ها

در سایر موارد، نشتی‌ها به طور موفقیت آمیزی مهار شده یا از بتن پوشیده شده‌اند. اما در این حالت عملیات می‌تواند فقط در فشارهای پایین انجام پذیرد و همچنانکه در حوادث زیر نشان داده شده، مشورت با کارشناس امری ضروری می‌باشد.

از واشر کلاهک یک شیر بخار سه اینچی، بخار با فشار مانومتری 300 Psi (20 بار) به طرز بدی نشت نمود. تلاش جهت محکم نمودن کلاهک موفقیت آمیز نبوده است. از این رو افراد شیفت تصمیم گرفتند تا شیر را با جعبه‌ای بپوشانند. آنها جعبه‌ای به طول 36 اینچ، به پهنای 24 اینچ و به عمق 14 اینچ از یک صفحه فولادی $\frac{1}{4}$ اینچی ساختند. صفحه‌ای با این ضخامت محکم می‌باشد، اما شکل جعبه برای فشار نامناسب بود و حتی اگر جوش‌ها کاملاً سوراخ بودند که این طور نبوده به سختی می‌توانست یک فشار مانومتری بیش از 50 psi (3 بار) را تحمل نماید.

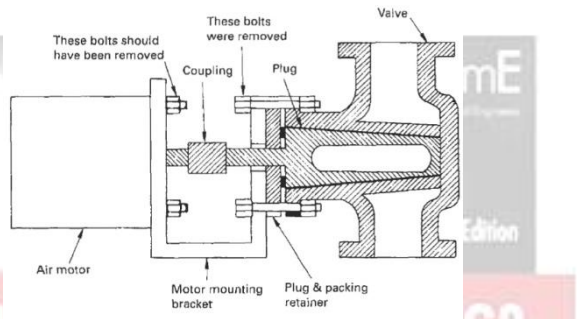
جعبه به یک شیر تخلیه‌ی گاز و یک شیر معمولی مجهز بوده است. هنگامی که شیر بسته شد، جعبه شروع به باد کردن نمود و شیر فوراً باز گشت. از این رو یک قطعه از آهن نبشی 2 اینچ مربع به اطراف جعبه جوش داده شد تا آن را محکم نگاه دارد. شیر تخلیه‌ی گاز بسته گشت. چند دقیقه بعد، جعبه منفجر گردید. خوشبختانه مکانیک (اگر بتوان به او این نام را داد) خود را نجات داد. لازم به ذکر است این حادثه در یک کارخانه‌ی غیر مجهز و ساده رخ نداده بلکه در یک کمپانی بین‌المللی معروف به وقوع پیوسته است.

این حوادث نیاز به رعایت موارد احتیاط همیشگی را نشان می‌دهد. نمی‌توان فرض نمود که چون از مهندسین تحصیل کرده و صنعتگران باتجربه و واجد شرایط بهره می‌بریم، آنان هرگز با بی‌احتیاطی یا ناآگاهی به عمل تعمیر نمی‌پردازند.

1-5-4: عدم آگاهی از کارکرد تجهیزات یا چگونگی ساخت آنها

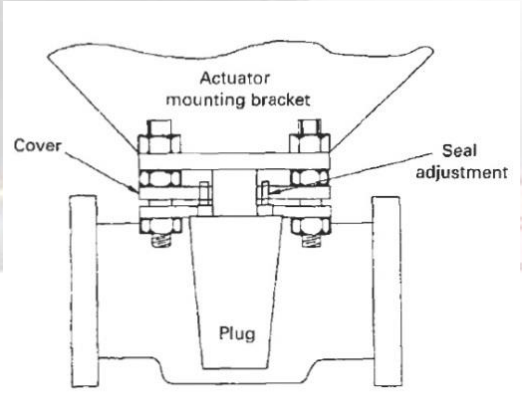
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

الف) حین برداشتن راه‌انداز از شیرهای برقی چندین مورد سرریزی رخ داده است. زیرا پیچ‌هایی که کلاهک شیر را در محل نگاه می‌داشتند به اشتباه برداشته شده بودند. شکل‌های (1-12) و (1-13) چگونگی وقوع این قبیل حوادث را نشان می‌دهند. به ویژه دومین سیستم آسیب‌پذیر است زیرا حین تلاش برای باز نمودن پیچ‌هایی که براکت سوار کننده‌ی راه‌انداز را نگاه می‌دارند، پیچ دوسر دنده ممکن است از مهره‌های پایینی بیرون بیاید. این حادثه می‌تواند در رده حوادثی که ناشی از طراحی ضعیف می‌باشد، قرار گیرد.



شکل12-1: باز کردن پیچ و مهره‌های نامناسب جهت برداشتن محرک شیر

در یک شیر توپی معمولی حادثه‌ی مشابهی رخ داد. از دو کارگر خواسته شد تا خط تخلیه‌ای زیر شیر نصب کنند. جا بسیار کم بود. از این‌رو آنان تصمیم گرفتند تا آنچه را که فکر می‌کردند یک قطعه‌ی واسطه یا آداپتور زیر شیر باشد در آوردند. اما در واقع آن قطعه بخش پایین‌تر بدنه‌ی شیر بود (شکل 14-1). پس از درآوردن سه پیچ و شل کردن چهارمین پیچ دیگر هوا تاریک شده و آنان کار را به روز دیگر موکول نمودند.



شکل 13-1: باز کردن پیچ و مهره‌های نامناسب جهت برداشتن محرک شیر

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

این شیر، در واقع شیر تخلیه‌ی مایع روی یک مخزن کوچک محتوی گاز، نفت مایع بود (LPG)، 5 تن LPG موجود در مخزن ظرف 3-2 ساعت بیرون ریخت اما خوشبختانه آتش نگرفت. با این حال 2000 نفری که در حوالی واحد زندگی می‌کردند مجبور به ترک خانه‌های خود شدند.

ب) در پمپ‌های محصور شده، قسمت متحرک موتور برقی (Rotor) در مایع فرایند غوطه‌ور شد. در این حالت آب‌بندی وجود نداشته و نشت از آب‌بند رخ نمی‌دهد. بخش ساکن موتور الکتریکی (Stator) در مایع فرایند فرو نرفته و توسط یک ظرف فولادی ضد زنگ از Rotor جدا می‌شود (شکل 15-1).

در صورت وجود سوراخی در ظرف مزبور، فرایند می‌تواند به قسمت ساکن راه یابد. از این‌رو یک مجرابند اطمینان فشار به این قسمت نصب شده و این مجرابند قبل از اینکه محفظه استاتور جهت انجام کار روی آن باز شود مورد استفاده قرار می‌گیرد.

محفظه استاتور یک موتور پمپ بدون استفاده از مجرابند اطمینان فشار باز گردید. در این ظرف سوراخی وجود داشت و این باعث گشت تا فشاری در محفظه‌ی استاتور ایجاد شود. هنگامی که پیچ‌های سرپوش برداشته شد، سرپوش از جای درآمده و به تیر داربستی که دو متر بالاتر بود اصابت نمود و سپس به زانوی فردی برخورد و بخار فرایند متصاعد شده باعث ایجاد حساسیت چشمی گردید.

افرادی که مشغول کار بر روی پمپ بودند از کاربرد مجرابند غافل بوده و علائم اخطار را نادیده گرفتند. جهت دستیابی به توضیحات و نمودارهای دقیق‌تر در ارتباط با پمپ محصور شده به منابع مراجعه نمایید.

ت) در موارد بسیاری تعمیرکاران ترموول‌ها[1] را درآوردند بدون اطلاع از اینکه این عمل به بروز نشتی منجر شود. آنان متوجه نگردیدند که ترموول (کیسه‌ای که ترموکوپل یا سایر دستگاه‌های اندازه‌گیری را در آن جا می‌دهند) با مایع فرایند در تماس مستقیم است. در مرجع 13 یک آتش سوزی جدی که بدین ترتیب رخ داده توضیح داده شده است.

1-5-5: درمان علائم به جای درمان خودِ بیماری

حوادث ذیل نشان می‌دهد که در صورت تداوم انجام تعمیرات چه رخدادی به وقوع خواهد پیوست. اما هرگز در آنها سؤال نشده که چرا بسیاری از اختلالات رخ داده است.

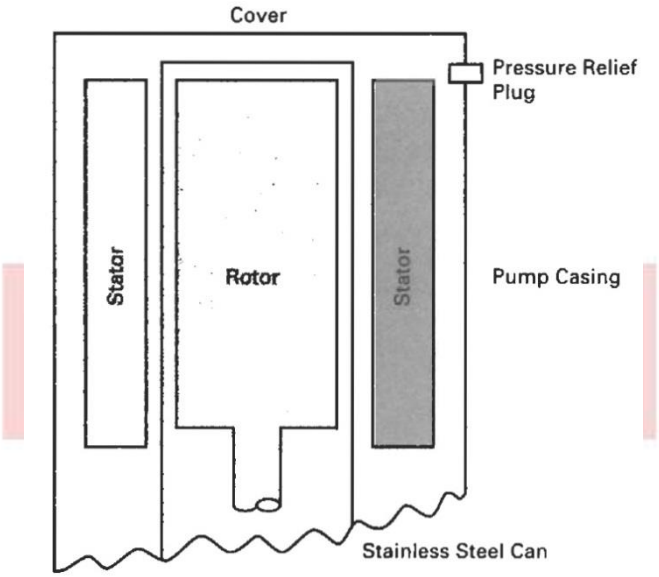
الف) پوشش داخلی سیلندر روی یک کمپرسور فشار بالا در عرض نه سال، 27 بار عوض شده است. در یازده مورد دریافتند که پوشش ترک برداشته و در 16 مورد دیگر علائم فرسودگی مشخص گردید. کسی سؤالی به ذهنش خطور نکرد که چرا اغلب اوقات پوشش داخلی باید عوض شود. آنان فقط به تعویض آن اقدام نمودند. سرانجام تکه‌ای از پوشش داخلی بین پیستون و سر سیلندر گیر نموده و سیلندر شکاف برداشت.

---

[1] به منظور نصب تجهیزات دمایی در محل هایی که امکان خورندگی و آسیب دیدن ادوات حرارتی در اثر سمی، خورنده یا بالابودن مواد وجود داشته باشد از غلاف یا ترموول ها استفاده می شود. جنس ترموول ها تأثیرپذیر عوامل بوده و ممکن است SST ، HSS، Hastelloy .....باشد (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

ب) هنگامی که شخصی در حال باز کردن چند پیچ $\frac{3}{4}$ اینچی بود، یکی از آنها کنده شد. کشش ناگهانی سبب ایجاد تنش معکوس و شکل‌گیری حادثه و نتیجتاً غیبت کارگر از کار گردید. در طول رسیدگی به حادثه، 7 پیچ در آن حوالی یافت شد که مانند حوادث از قبل کنده شده بودند. معلوم گردید که پیچ‌ها به کرات کنده شده‌اند. اگر به جای تعویض ساده‌ی آنها، کارگران این مسئله را گزارش داده بودند، امکان داشت پیچی از جنس بسیار مناسب‌تر جایگزین پیچ‌های معیوب گردد.



شکل 15-1: پمپ‌های سربسته

چرا آنان این اختلالات را گزارش ندادند؟ در صورت گزارش آیا کاری می‌توانست انجام پذیرد؟
اگر سرکارگر یا مهندس در بازدیدهای خود از واحد متوجه پیچ‌های شکسته می‌گردیدند و علت زیاد بودن آنها را می‌پرسیدند، چنین حادثه‌ای تحت هیچ شرایطی به وقوع نمی‌پیوست.

1-5-6: تجهیزات برقی ضد آتش

در بسیاری از موارد، بازرسی‌های دقیق تجهیزات برقی ضد آتش، نشان داده است که بسیاری از اجزا معیوب می‌باشند. برای مثال با نگاهی به اطراف واحدی مشخص گردید که هیچ قطعه، معیوب نبوده است. یک بازرسی جامع‌تر (توجه خاص تجهیزاتی که به سهولت در دسترس نیستند و فقط از طریق بالا رفتن از یک نردبان می‌توانند مورد آزمایش قرار گیرند) نشان داد که از 121 مورد آزمایش شده، 33 مورد به تعمیر نیاز داشته است. اختلالات شامل ضعیف بودن و شل بودن پیچ‌ها، بیش از حد بزرگ بودن شکاف‌ها،

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شیشه‌های شکسته و واشرهای نامناسب بودند. همه‌ی این اختلالات تجهیزات را تبدیل به یک منبع قابل اشتعال نمی‌نمایند، اما بسیاری از آنها این کار را انجام می‌دهند.

چرا در آنجا این همه اختلاف وجود داشت؟ بیش از این بازرسی، هیچ بازرسی منظمی صورت نگرفته بود. بسیاری از تکنسین‌های برق از علت استفاده‌ی تجهیزات ضد آتش بی‌اطلاع بودند و نمی‌دانستند در صورت بد استفاده کردن از آنها چه رخ خواهد داد. نوع خاصی از پیچ‌ها و آچار پیچ‌گوشتی‌های یدک مورد استفاده قرار می‌گرفتند، در انبار موجود نبودند. از این رو راهی برای تعویض ابزارهای مفقود شده وجود نداشت. در این رابطه بازرسی‌های منظمی صورت گرفت. تکنسین‌های برق بدین دلیل آموزش دیدند که بدانند چرا تجهیزات ضد آتش مورد استفاده قرار گرفته و ابزارهای یدکی انبار می‌شوند. به علاوه در بسیاری از موارد معلوم گردید که واقعاً تجهیزات ضد آتش مورد نیاز نمی‌باشد و می‌شود از تجهیزاتی که از لحاظ تعمیر و خرید ارزانتر از تجهیزات ضد آتش می‌باشند، استفاده نمود.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

Refrence:

1. T. A. Kletz, in D. A. Crow1 and S. S. Grossel (editors), Handbook of Toxic Materials Handling and Management, Marcel-Dekker, New York, 1994, Chapter 11.
2. E P. Lees, Loss Piwention in the Process Industries, 2nd edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, Chapter 2 1.
3. T. A. Kletz, Lessons From Disaster: How Organizations Halve No Memory and Accidents Recur, co-published by Institution of Chemical Engineers, Rugby, UK, and Gulf Publishing Co., Houston, Texas,1993.
4. Arznual Report of the Chief Inspector of Factories for 1974, Her
5. The BuLletin, The Joitrnnl of the Socieh for Petroleum Acts Adininis-
6. Cherizicnl Safe9 Srmznnar~C, hemical Industries Association, London,
7. Petroleum Review; Apr. 1982. p. 34.
8. Annual Report of Her MajestyS Inspectors of Explosives for 1970,
9. Hecrlth arid Safe~-~arzzlfactiiring and Sewice Industries 1979, Her
10. T. A. Kletz, Hydrocarbon Processing, Vol. 61. No. 3. Mar. 1982, p.
11. Health and Safety Executive, Leakage of Propane at MGitefiiarsClass Limited. Wealdstone, Middlesex, 20 November 1980, Her Majesty's Stationery Office, London, 198 1. Majesty's Stationery Office, London, 1975, p. 19. ir'ation, Oct. 1970, p. 68. July-Sept. 1980, p. 15. Her Majesty's Stationery Office, London, 1971, p. 19, Majesty's Stationery Office, London, 1981. p. 62.207.
12. G. R. Vdebster, The Chemical Engirieet; Feb. 1979, p. 91.
13. Petroleurn Revieu; Oct. 1981, p. 21.
14. J. H. Christiansen and L. E. Jorgensen, Proceedirzgs of the Fourth Iiitematioizul Syrnposium oil Loss Prevention arid Safeh Promotion in the Process Iridustries (Symposium held in Harrogate, UK, Sept. 1983). Institution of Chemical Engineers, Rugby. UK, p. L9.
15. L. G. Britton and J. A. Smith, PlaidOperations Progress, Vol. 7, No. 1. Jan. 1988, p. 53.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل دوم

تغییرات و اصلاحات

بسیاری از حوادث به دلیل تغییرات ایجاد شده در واحدها رخ داده‌اند و این تغییرات اثرات جانبی پیش‌بینی نشده‌ای داشته‌اند. در این فصل تعدادی از این حوادث توضیح داده می‌شود. در مباحث بعدی چگونگی پیشگیری از تغییرات مشابه در آینده مورد بحث قرار می‌گیرد. برخی از این حوادث از مراجع 1 و 2 که سایر حوادث نیز در آنها توضیح داده شده‌اند آمده است.

2-1: تغییرات و اصلاحات در راه‌اندازی

راه‌اندازی مرحله‌ای است که بسیاری از تغییرات با امکان بسیار زیاد در آن مرحله صورت گیرد و در این موقعیت فشار کاری زیاد است، از این‌رو تعجب آور نمی‌باشد که بسیاری از تغییرات ایجاد شده در زمان راه‌اندازی عواقب جدی و پیش‌بینی نشده‌ای داشته باشند.

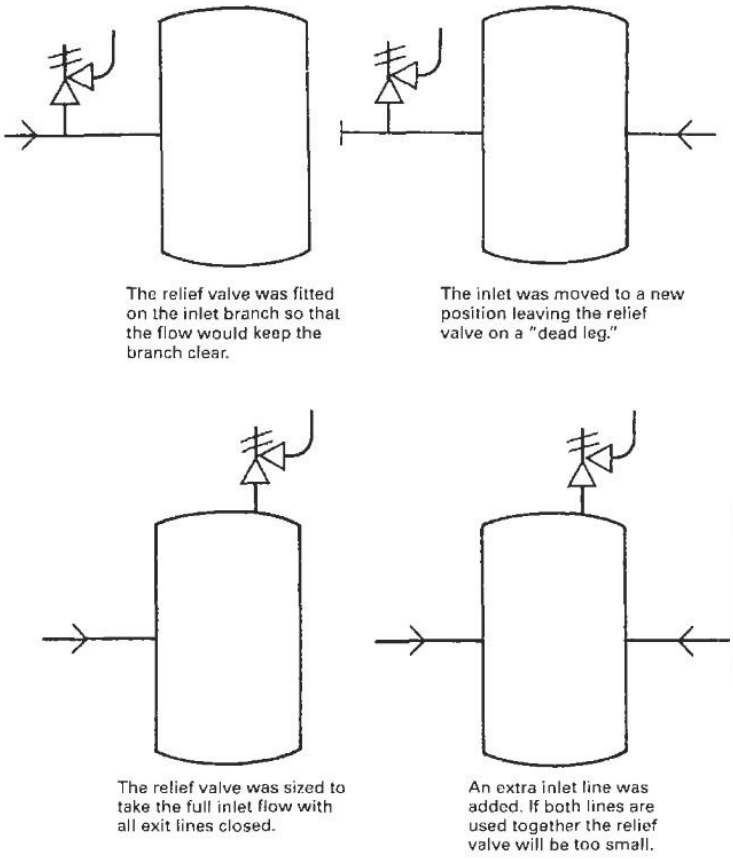
در واحدی یک سال پس از راه‌اندازی، بررسی مجددی در ارتباط با ایمنی و تخلیه انجام پذیرفت. گروه راه‌اندازی به خوبی از لزوم تحقیق در مورد عواقب ناشی از تغییرات آگاه بودند و سعی داشتند که در هنگام انجام آن تغییرات به بررسی آنها بپردازند. با این وجود در بررسی مجدد مسئله‌ی ایمنی و تخلیه مشخص گردید که در دوازده مورد، فرضیات مطرح شده در اولین بررسی، دیگر اعتبار نداشته و استفاده از شیرهای اطمینان اضافی یا بزرگتر و یا ایجاد تغییراتی در موقعیت یک شیر اطمینان، ضروری بوده است.

شکل (2-1) چند مثال را نشان می‌دهد. نمودارهای خطی با وجود فشار کاری روی پرسنل واحد در طول عملیات راه‌اندازی، به روز نگه داشته بود. (این موضوع باعث گشت تا بررسی مجدد در زمینه‌ی تخلیه و ایمنی راحت‌تر صورت پذیرد). پرسنل واحد چنان تحت تأثیر نتایج حاصل از بررسی مجدد مسئله تخلیه و ایمنی قرار گرفتند که تصمیم اتخاذ گردید، یکسال بعد مجدداً این بررسی را انجام دهند. در بخش 2-5-5 (پ) تغییراتی که دیر انجام شده‌اند و نتایج غیر قابل پیش‌بینی در پی داشته‌اند، توضیح داده شده است.

2-2: تغییرات و اصلاحات جزئی

این عبارت جهت توصیف تغییرات و اصلاحات کم هزینه‌ای به کار می‌رود که یا به مجوز رسمی مالی نیاز ندارند و یا مجوز رسمی برای آنها به سهولت به دست می‌آید. بنابراین ممکن است برخلاف اصلاحات پرهزینه‌تر به طور مشروح و دقیق مد نظر قرار نگیرند.

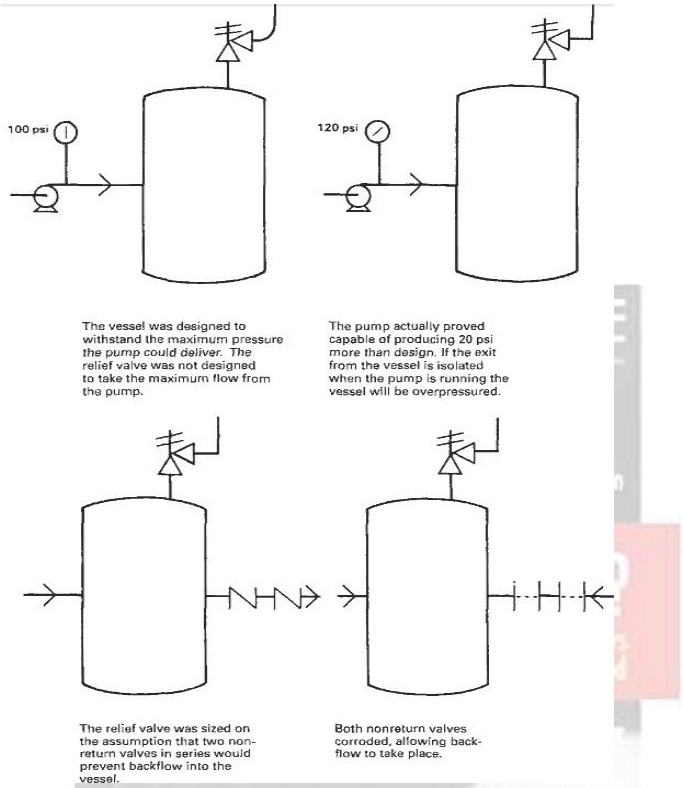
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 1-2: برخی از تغییرات و اصلاحات سیستم ایمنی یک واحد در طول یکسال اول که روی خط قرار داشت، انجام شده است.

الف) تغییر بسیار ساده‌ای که فقط به یک جواز کار نیاز داشت به انفجار یک مخزن و جراحت شدید دو تن از پرسنل که در محوطه مشغول به کار بودند، منجر گردید. مخزن مزبور جهت ذخیره‌سازی محصول مایعی که در دمای 97 درجه‌ی سانتی‌گراد ذوب می‌شود، به کار برده شده بود.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



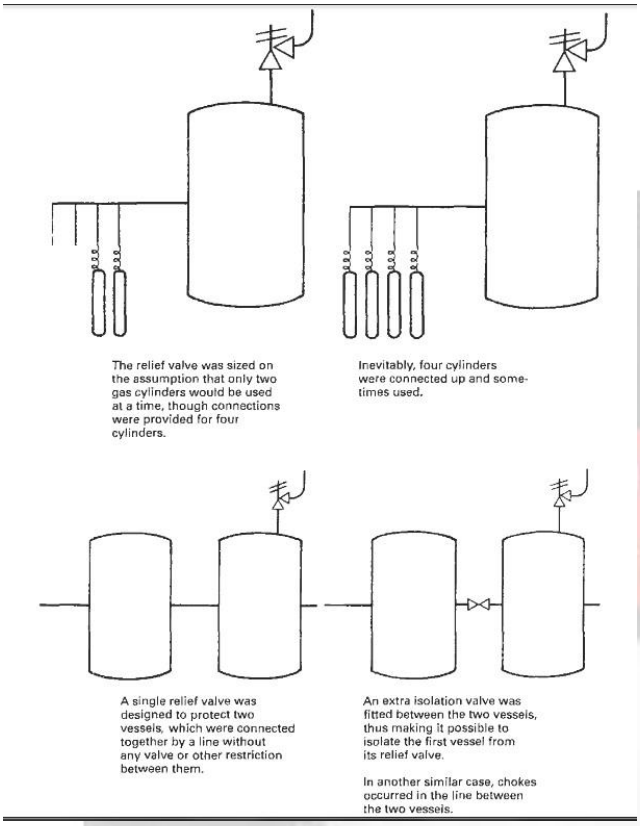
ادامه شکل 1-2

به همین دلیل مخزن مزبور توسط کویل بخار آبی که فشار مانومتری بخار موجود در آن 100 Psi (7بار) بود؛ گرم گردید. هنگام وقوع حادثه، مخزن تقریباً خالی بوده و برای دریافت مقداری از محصول در حال آماده شدن قرار داشت. طبق روش معمول جهت اطمینان از تمیز بودن خط ورودی، هوای فشرده در حال دمیده شدن به داخل آن بود. هوا نمی‌توانست از لوله عبور نماید و اپراتور فکر می‌نمود که خط لوله مسدود شده است. در واقع، لوله‌ی تخلیه بر روی مخزن مسدود شده بود. فشار مانومتری هوا (75 Psi یا 5 بار) برای انفجار مخزن کافی بود (فشار مانومتری در نظر گرفته شده در طرح 5 Psi یا 0/3 بار بود).

در اصل، مخزن دارای یک لوله‌ی تخلیه‌ی گاز به قطر 6 اینچ بود. اما برخی اوقات لوله‌ی مزبور مسدود شده و یک انشعاب شیبدار به قطر 3 اینچ به جای آن مورد استفاده قرار می‌گرفت. موارد اشتباه متعدد دیگری نیز وجود داشت. لوله‌ی تخلیه گاز، گرم نشده بود و موقعیت آن، کار بازرسی را مشکل می‌ساخت و از همه مهمتر هیچ یک از مدیران و سرپرستان و اپراتورها تشخیص ندادند که در صورت مسدود شدن لوله‌ی تخلیه، فشار هوا برای منفجر کردن مخزن کافی می باشد. با این وجود اگر لوله‌ی تخلیه گاز 6

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

اینچی مسدود نشده بود، این حادثه به وقوع نمی‌پیوست. جهت کسب اطلاعات بیشتر به بخش 1-12 نیز مراجعه نمایید.

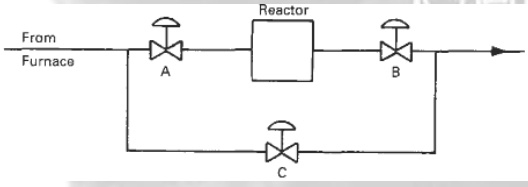


ادامه شکل 1-2

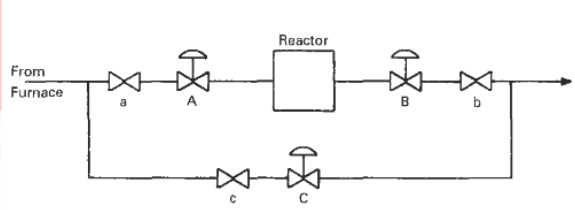
ب) راکتوری به یک خط لوله‌ی بای‌پس مجهز بود (شکل 2-2 الف). شیرهای کنترل از راه دور A و B و C با یکدیگر ارتباط داشتند به طوریکه شیر C مجبور بود قبل از اینکه شیرهای A و B بتوانند بسته شوند باز گردد. کاشف به عمل آمد که شیرهای مزبور نشتی دارند، بنابراین شیرهای دستی جدا کننده (c،b،a) به طوری سری با آنها نصب گشت (شکل 2-2 ب). پس از بستن شیر A و B به اپراتورها دستور داده شد تا بیرون رفته و شیرهای دستی a و b را ببندند. این عمل باعث از بین رفتن ارتباط بین شیرها گردید. روزی اپراتوری نتوانست شیرهای A و B را ببندد و فراموش نمود که شیر C را باز نماید. او به این نتیجه رسید که شیرهای A و B اشکال داشته و در نتیجه شیرهای A و B را بست. جریان متوقف گشته و لوله‌های کوره بیش از حد گرم شدند، یکی از آنها منفجر گردید و عمر بقیه نیز کوتاه گشت.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

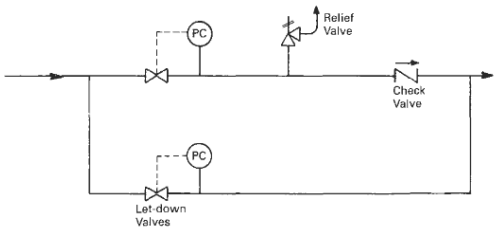
پ) قطر داخلی یک شیر فشار شکن بسیار اندک بود. به طوریکه یک شیر فشار شکن ثانویه به طور موازی با آن نصب گردید (شکل 3-2). در طول نصب، شیر یک طرفه زیر ماده‌ی عایق پنهان شد و در نتیجه به آن توجهی نگردید و خط موازی در جایی که یک انشعاب مناسب وجود داشت بعد از شیر یک طرفه به خط اصلی وصل گردید. بدین ترتیب تجهیزات قرار گرفته قبل از انشعاب با دور زدن شیر اطمینان مستقیماً به تجهیزات بعد از انشعاب متصل گردیدند. در نقطه‌ای بعد از انشعاب یک انسداد رخ داد. شیر فشار شکن جدید در حالت نشت بوده و تجهیزات موجود در ناحیه‌ی بعد از انشعاب بیش از حد تحت فشار قرار گرفته و منفجر شدند.



شکل 2-2 (الف) بای‌پس راکتور اولیه



شکل 2-2 (ب) بای‌پس راکتور اصلاح شده



شکل 3-2: دومین شیر فشار شکن به مکانی بعد از خط اصلی شیر یک طرفه متصل گردید. هنگامی که این شیر نشت نمود، تجهیزات واقع در قبل از شیر یکطرفه تحت فشار زیادی قرار گرفتند

احتمال می‌رود که بعد از تأیید تغییرات در مورد دیاگرام خطی با کسی مشورت نشده است. به همان اندازه نیز احتمال دارد که افرادی که یک تغییر را تأیید نموده‌اند، درست انجام شدن آن‌را چک نکرده باشند. تغییرات بایستی همیشه قبل از به تأیید رسیدن در روی نمودار خطی علامت‌گذاری شوند و کسی

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

که برای آنها مجوز انجام کار صادر می‌کند، بایستی همیشه تغییرات انجام شده را بازرسی کرده تا مطمئن شود که اهداف مورد نظر دنبال گردیده‌اند.

ت) سایر تغییرات جزئی که در ایمنی واحد اثرات جدی به همراه داشته‌اند عبارتند از:

1) برداشتن صفحه‌ی محدود کننده‌ای که جریان ورودی را به داخل یک مخزن تحت فشار محدود کرده و هنگام تعیین اندازه‌های شیر اطمینان مخزن مد نظر قرار گرفته است.

2) نصب یک پین لولای بزرگتر در داخل یک شیر کنترل، در حالیکه اندازه‌ی آن جریان ورودی به مخزن را محدود کرده و در هنگام تعیین اندازه‌های شیر اطمینان مخزن، مد نظر قرار گرفته است.

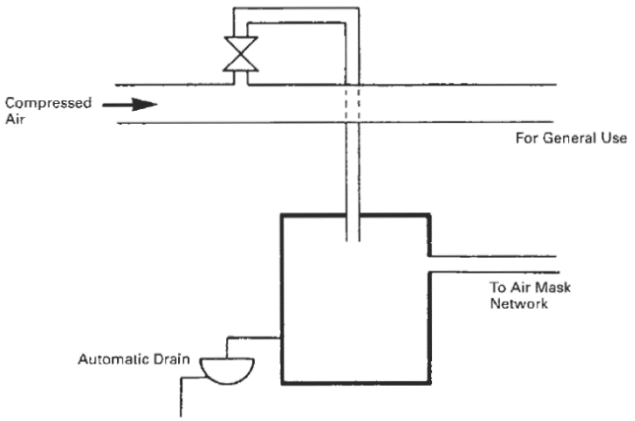
3) نصب یک شیر تخلیه‌ی غیر استاندارد، (به بخش 2-8 الف مراجعه نمایید)

4) تعویض یک کانال فلزی با یک شلنگ، (به بخش 3-15 مراجعه نمایید)

2-3: تغییرات و اصلاحات ایجاد شده در طول تعمیر و نگه‌داری

حتی زمانی که سیستم‌های کنترل برای تغییرات تنظیم شده‌اند در طول تعمیر و نگه‌داری، این تغییرات اغلب چک نشده، رها شده‌اند. یک شخص بنا به آنچه فکر می‌کند درست است تصمیم می‌گیرد تا واحد را به گونه‌ای دیگر، کمی تغییر داده و دوباره راه‌اندازی نماید.

سی سال قبل یک شبکه‌ی خاص از خطوط هوا فقط جهت استفاده با ماسک اکسیژن نصب شده بود. از بالای لوله‌ی اصلی هوای فشرده که به کلیه‌ی شبکه‌ها وصل می‌گردید، انشعاب خاصی گرفته شد (شکل 2-4). این سیستم تا سی سال بدون هیچ مسئله‌ای مورد استفاده قرار گرفت.



شکل 2-4: ترتیب اولیه‌ی قرار گرفتن خطوط هوا

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

بعد از آن روز، سر شخصی که در حال پوشیدن ماسک اکسیژن در داخل یک مخزن تحت فشار بود، کاملاً در آب فرو رفت. خوشبختانه او توانست به فردی که در حوالی مخزن ایستاده بود علامت دهد که اتفاقی برای وی رخ داده و تا قبل از آنکه به او آسیبی رسد نجات بیابد.

در تحقیقات معلوم گردید که لوله‌ی اصلی هوای فشرده تعویض شده و انشعاب متصل به شبکه‌ی ماسک اکسیژن به ته لوله‌ی اصلی انتقال داده شده است. با وارد شدن مقداری آب به داخل خط اصلی همه‌ی آن به داخل catch pot[1] که قبل از خالی شدن به طور کامل، مجدداً پر می‌گشت، انتقال یافت. متأسفانه همه فراموش کرده بودند که چرا انشعاب از بالای لوله‌ی اصلی جدا شده است و هیچکس حتی با وجود خطرات آن، به اهمیت آن پی نبرده بود.

حادثه‌ی بسیار مشابهی در یک سیستم گاز سوز به وقوع پیوست. هنگامی که لوله‌ی اصلی خورده شده، تعویض گردید، یک انشعاب به کوره به جای اینکه از بالای لوله‌ی اصلی گرفته شود، از زیر آن گرفته شد. مقداری آب، catch pot را لبریز ساخته و مشعل‌ها را خاموش نمود.

2-4: تغییرات و اصلاحات موقتی

الف) مشهورترین مورد تغییرات موقتی نصب یک لوله‌ی موقتی در کارخانه‌ی نیپروی[2] Flixborough واقع در بریتانیای کبیر در سال 1974 بود. لوله‌ی مزبور پس از دو ماه خراب شده و باعث آزاد شدن 50 تن سیکلوهگزان داغ گردید. سیکلوهگزان با هوا ترکیب شده و انفجار عزیمی رخ داد. در نتیجه‌ی آن 28 نفر کشته و واحد به طور کلی ویران شد.

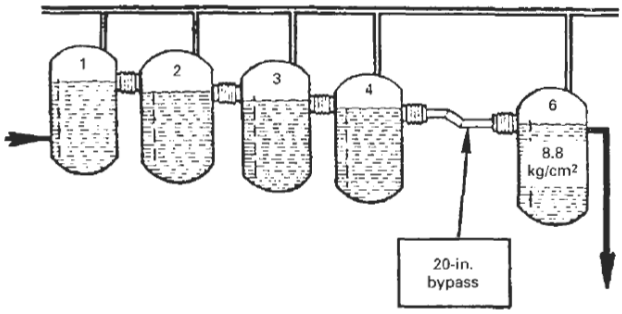
شش راکتور به طور سری در واحد Flixborough وجود داشت. هر راکتور کمی از راکتور قبلی پایین‌تر قرار گرفته بود، بطوریکه مایع موجود در آنها از راکتور شماره‌ی 1 تا راکتور شماره 6 توسط لوله‌های رابط به قطر 28 اینچ توسط نیروی جاذبه جریان می‌یافت (شکل 5-2). به منظور فراهم نمودن امکان انبساط، هر لوله‌ی 28 اینچی شامل یک سری اتصالات آکوردئونی[3] بود. یکی از راکتورها ترک برداشته و نیاز به تعویض داشت (ترک مزبور ناشی از ایجاد تغییر در فرایند بود، به بخش 6-2 (ب) مراجعه نمایید). این راکتور با یک لوله‌ی 20 اینچی موقتی با دو خمیدگی که امکان اتصال دو راکتور با ارتفاع متفاوت را فراهم می‌ساخت تعویض گردید. اتصالات آکوردئونی موجود در هر یک از دو انتهای لوله‌ی موقتی سرجای خود باقی گذاشته شده بودند. (شکل 5-2).

طراحی لوله و نگهدارنده‌ی آن تا حد مطلوب بسیار فاصله داشت. لوله‌ی مزبور به خوبی حمایت نشده و فقط به یک داربست تکیه زده بود. به دلیل وجود یک اتصال آکوردئونی، هر یک دو انتهای لوله‌ها امکان

[1] ظرفی که برای جمع آوری ضایعات در زیر دستگاه‌ها قرار داده می‌شود
[2] Nypro
[3] Bellows

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

چرخش آزاد یا پیچ خوردن داشته و هنگامی که فشار در لوله کمی بالاتر از سطح نرمال رسید، همین باعث خراب شدن اتصالات آکوردئونی گردید.



شکل 5-2: ترتیب قرار گرفتن راکتورها و لوله‌ی موقتی در حادثه‌ی Flixborough

هنگامی که لوله‌ی موقتی ساخته می‌گردید، هیچ مهندس صلاحیت‌دار و حرفه‌ای در واحد وجود نداشت. افرادی که آنرا ساخته و طراحی کرده بودند (به سختی می‌توان در این مورد کلمه‌ی طراحی را به کار برد، زیرا طراحی مزبور چیزی جز یک طرح گچی در اندازه‌های واقعی که روی کف کارگاه کشیده بود، نبود) نمی‌دانستند که چگونه لوله‌های بزرگی را که لازم است در دمایی تا حدود 150 درجه‌ی سانتی‌گراد و فشارهای مانومتری بالای Psi150 (یا 10 بار) قدر به فعالیت باشد، طراحی نمایند. با وجود اینکه تعداد معدودی از مهندسین که از دانش تخصصی برخوردار بودند، حضور داشتند، اما مهندسین شاغل در Flixborough نمی‌دانستند که طراحی لوله، توسط متخصصان امر واجبی است. آنها نمی‌دانستند که از چه چیزی بی‌اطلاع هستند و راه‌کارهای ممکن چیست[3].

ب) راکتوری با جریان یافتن آب نمک بین پوشش داخلی و پوشش خارجی آن سرد گشت. سیستم آب نمک بایستی جهت تعمیر خاموش می‌گردید، از این رو آب شهر به جای آن مورد استفاده قرار گرفت. فشار آب شهر (فشار مانومتری Psi 130، 9 بار) از فشار آب نمک بیشتر بود، و بنابراین راکتور متلاشی گردید. فرم تأییدیه تغییر (شامل 20 پرسش) قبل از انجام آن کامل شده بود. اما این فرم به عنوان یک فورمالیته تلقی گردیده و پرسش‌ها به با دقتی هرچه تمام پاسخ داده شده بودند[6].

جهت کسب اطلاعات بیشتر در زمینه‌ی تغییرات موقتی دیگر به بخش 5-5-1 مراجعه نمایید.

5-2: تغییرات و اصلاحات تأیید شده

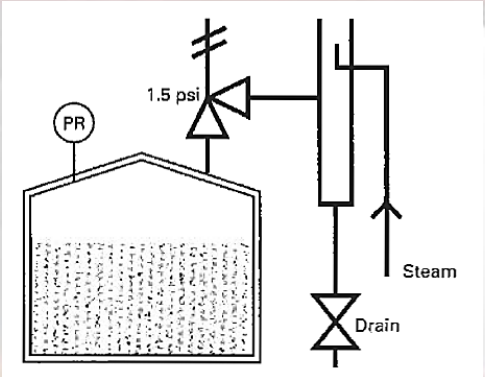
این عبارت برای توضیح تغییراتی به کار می‌رود که بایستی هزینه‌ی انجام آنها به تصویب یک مدیر ارشد یا یک کمیته برسد. بنابراین نمی‌توان آنها را با عجله انجام داد. دلایل بایستی نوشته شده و افراد متقاعد شوند. اگرچه سیستم‌ها در ابتدای امر بیشتر با هدف کنترل هزینه طراحی می‌شوند تا ایمنی، اما

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

معمولاً درنهایت امر پیشنهادات و طرح‌ها توسط پرسنل فنی به دقت بررسی می‌شوند. ممکن است گاهی عواقب پیش‌بینی نشده به ذهن بیاید، اگرچه همیشه این طور نمی‌باشد. بعضی اوقات مجوز قبل از انجام طراحی تفصیلی اخذ می‌گردد، از این‌رو ممکن است طرح از دید پرسنل فنی مخفی بماند. با این وجود یافتن نمونه‌هایی از حوادث جدی که بر اثر تغییرات تأیید شده با مجوز رخ داده‌اند، دشوارتر می‌باشد. حادثه‌ی زیر تقریباً در رده‌ی حوادث ناشی از تغییرات در راه‌اندازی، قرار می‌گیرد. با وجود اینکه یک سال قبل از راه‌اندازی، با این تغییرات موافقت شده بود، حادثه پس از مطالعه‌ی طراحی اولیه و تصویب آن به وقوع پیوست.

الف) یک مخزن اتیلن سرد شده‌ی فشار پایین به یک شیر اطمینان با فشار مانومتری تنظیم شده 1/5 Psi (0/1بار) مجهز بود و به یک مشعل تخلیه منتهی می‌گردید. پس از کامل شدن طرح متوجه شدند که گاز سردی که در حال خارج شدن از مشعل است در هنگام پایین بودن سرعت باد تا سطح زمین، جائی که ممکن بود مشعل مشتعل شود، پایین خواهد آمد. این مشعل تخلیه برای اینکه به عنوان یک مشعل مورد استفاده قرار گیرد بسیار پایین نصب شده بود (میزان تشعشعات حرارتی در سطح زمین بسیار بالا بوده و به اندازه‌ی کافی قدرت گسترش نداشت). به نظر شما چه کاری می‌توانست انجام گردد؟

شخصی پیشنهادی بیان کرد که با فرستادن بخار آب به بالای مشعل، بخار سرد را پخش نمایند. به نظر می‌رسید که این عمل ایده‌ی جالبی باشد و پیشنهاد مزبور به مورد اجرا گذارده شود.



شکل 6-2: ترتیب قرار گرفتن سیستم تخلیه‌ی گاز مخزن اتیلن مایع

زمانی که بخار سرد به بالای مشعل رسید با مایع تقطیر شده‌ای که به سمت پایین جریان داشت برخورد پیدا کرد. مایع تقطیر شده یخ بست و مشعلی را که 8 اینچ قطر داشت کاملاً مسدود ساخت. مخزن بیش از حد تحت فشار قرار گرفته و منفجر گردید. خوشبختانه انفجار محدودی بوده و اتیلن متصاعد شده مشتعل نگردید. هنگامی که مخزن خالی گشت، اتیلن به کمک بخار پخش شده بود. به نظر شما آیا بایستی تیم و اکیپ طراحان، یخ بستن مایع تقطیر شده را پیش‌بینی می‌کردند؟

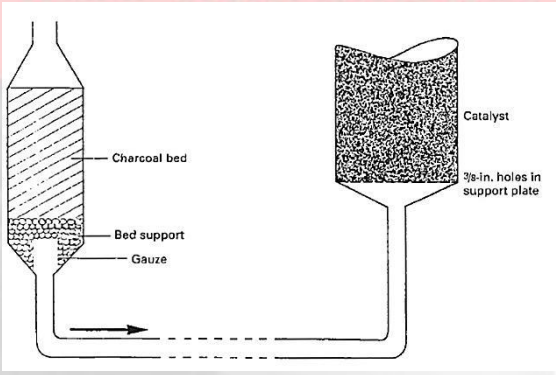
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

پس از اینکه مخزن تعمیر گردید، مشعل تخلیه با یک مشعل معمولی تعویض گشت. به بخش 1-3-3 (ب) و 2-6 (ب) نیز نمایید.

ب) به منظور پرکردن تانکرها با گاز نفت مایع، پل بارگیری جدیدی ساخته شد. زمین دارای شیب بود، به طوریکه هرگونه مایع سرریز شده از تانکر از آن دور شده و در صورت آتش گرفتن آنرا گرم نمی‌کرد. در نتیجه‌ی این تغییر ایجاد شده در طرح معلوم گشت که هنگام قرار گرفتن تانکر بر روی زمین شیب‌دار، ترازنما عدد درست را نشان نمی‌دهد. طرح بایستی تغییر می‌یافت، طوریکه چرخ‌ها روی زمین مسطح قرار گیرند، اما زمین بین چرخ‌ها و اطراف آنها شیب‌دار بود. در بخش 6-4-12 تغییر تأیید شده‌ی دیگری توضیح داده شده است.

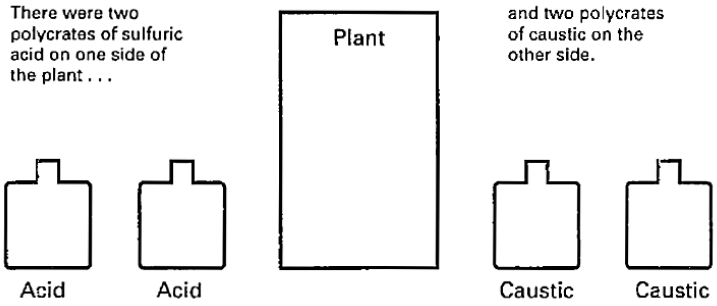
6-2: تغییرات و اصلاحات در فرایند

تا اینجا تغییرات و اصلاحات مربوط به تجهیزات واحد، مورد بحث قرار گرفت. همچنانکه موارد زیر نشان می‌دهند، به دلیل عواقب پیش‌بینی نشده‌ی تغییرات، در مواد فرایندی نیز حوادثی به وقوع می‌پیوندند.



شکل 7-2: سیستم خالص‌سازی هیدروژن

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 8-2: طرح کلی و اولیه‌ی ظروف اسید و سود سوزآور

الف) یک تغییر جزئی در کیفیت مواد خام باعث وارد شدن خسارات سنگینی به تولید گردید. در یک راکتور هیدروژناسیون افت فشار ایجاد می‌گردد. تا قبل از یافتن علت اصلی، عواملی چون کیفیت کاتالیست، اندازه، توزیع و میزان فعال‌سازی آن، کیفیت مواد واکنش‌گر و توزیع و دگرشوی آنها مورد بررسی قرار گرفت. هیدروژنی که از واحد دیگری آورده می‌شد، قبل از ترک نمودن آن واحد جهت پاک‌سازی مقادیر ناچیز روغن موجود در آن از میان یک فیلتر زغالی عبور می‌کرد. تعویض زغال فیلتر بندرت صورت می‌گرفت و ذخیره‌ی اولیه چندین سال دوام یافت. سفارش مجدد منجر به تهیه و نصب زغال با منافذ ریزتری گشت بدون آنکه به اهمیت این تغییر پی برده شود. پس از سپری شدن یک مدت طولانی زغال جدید از راه نگه‌دارنده‌ی خود داخل خط شده به واحد دیگر منتقل گردید. مقدار ناچیزی از زغال، تعدادی از سوراخ‌های توزیع $\frac{3}{8}$ اینچی در روی صفحه‌ی نگهدارنده‌ی کاتالیست را مسدود نمود (شکل 7-2). یافتن علت افت فشار دشوار بود، زیرا افت فشار در نتیجه‌ی ایجاد یک تغییر در واحد دیگر صورت پذیرفته بود.

ب) زمانی؛ ریختن آب بر روی تجهیزاتی که بسیار داغ بوده یا از آنها بخار نشت می‌کرد، متداول بوده است. بنابراین آب از نزدیکترین منبع مناسب تهیه می‌گردید. در Flixborough از واشر همزن یکی از راکتورها بخار سیکلوهگزان نشت می‌کرد. برای مایع نمودن بخار در حال نشت، روی راکتور آب ریخته شد. برای این کار از آب خنک کن واحد استفاده گردید، زیرا براحتی در دسترس بوده است.

متأسفانه آب محتوی چند نوع نیترات بود که سبب خوردگی ناشی از استرس و در نتیجه ترک برداشتن فولاد نرم به کار رفته در ساختمان راکتور گردید. راکتور جهت تعمیر انتقال داده شد و لوله‌ی موقتی که بعداً به جای آن نصب گردید، خراب شده و یک انفجار مهیبی روی داد. به بخش 4-2 مراجعه نمایید.

در آن زمان ترکیدگی ناشی از نیترات برای متالوژیست‌ها شناخته شده بود. اما سایر مهندسین آن را نمی‌شناختند. صرف نظر از موارد اضطراری، قبل از ریختن آب بر روی تجهیزات، آیا تاکنون در مورد محتویات آب و تأثیر آن بر روی تجهیزات سؤال می‌پرسیدید؟ ریختن آب بر روی تجهیزات تغییری خارج

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

از حدود طبیعی عملیات رایج در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی می‌باشد، بنابراین بایستی آن را به عنوان یک تغییر و اصلاح در نظر گرفت.

پ) حادثه‌ی زیر نشان می‌دهد که پیش‌بینی کلیه‌ی عواقب یک تغییر تا چه اندازه دشوارتر بوده و اثرات آن چگونه تا مسیر زیادی دورتر از محلی که تغییر در آنجا رخ داده، دیده می‌شود. مقداری بُرم رادیواکتیو (با نیمه‌ی عمر 36 ساعت)، به شکل بُرمید آمونیوم به عنوان ردیاب رادیواکتیویته به داخل جریان نمک ریخته شد. جریان آب نمک در واحد دیگری واقع در 30 کیلومتری محل، جهت تولید کلر، الکترولیز گردید. بُرم رادیواکتیو وارد جریان کلر شده و نتیجتاً در پایه‌ی برج تقطیری جمع گردید که جهت پاکسازی برش‌های نفتی سنگین به کار می‌رفت. برج مزبور به یک کنترل کننده‌ی سطح تابش رادیواکتیویته مجهز بود. بُرم رادیواکتیو کنترل‌کننده سطح را تحت تأثیر قرار داده، در نتیجه، سطح پایینی توسط ثبات، ثبت گردید و شیر واقع در زیر برج بسته شد و برج سرریز گردید. در این حادثه هیچ صدمه‌ای به کسی وارد نشده ولی تولید به مدت طولانی متوقف گردید.

ت) یک تغییر جزئی در شرایط عملیاتی گاه می‌تواند عواقب وخیمی به دنبال داشته باشد. یک واکنش نیتراسیون در دمای پایین انجام گردید و سپس راکتور تا 90 درجه‌ی سانتی‌گراد گرم شده و تا سی دقیقه در همین دما نگه داشته می‌شود. سپس راکتور خنک گردید. پس از عملیات سالانه، شخصی تصمیم گرفت به محض رسیدن دما به 90 درجه‌ی سانتی‌گراد به تنهایی و یا با استفاده از روش انتقال حرارتی به محیط، Batch را خنک نماید. در نتیجه انفجاری رخ داد، ساختمان ویران گشت و قطعات راکتور تا حدود 75 متری محل نیز یافت گردیدند[7].

ث) سیستم گرمایش در ساختمانی بایستی جهت تعمیر، بیش از یک هفته متوقف می‌ماند. بیم آن می‌رفت که آب موجود در سیستم آبپاش یخ ببندد، بنابراین آب را با الکل عوض کردند. بعد از مدتی یک آتش سوزی رخ داد که جهت مهار نمودن آن به وسیله‌ی آب پاش‌ها الکل به روی آن پاشیده شد.

ج) جهت کاهش میزان خوردگی، محلول آمونیاک به واحدی افزوده شد. خوردگی متوقف گردید ولی قطرات محلول باعث ایجاد فرسایش شده، به لوله‌ای صدمه رسانده و در نتیجه آتش‌سوزی عظیمی به وقوع پیوست.

7-2: ابزارآلات جدید

بکارگیری ابزارآلات جدید می‌تواند اثرات جانبی پیش‌بینی نشده‌ای داشته باشد.

الف) در بسیاری از موارد، ترازنامه‌های رادیواکتیو تحت تأثیر رادیوگرافی انجام شده بر روی جوش‌هایی در هفتاد متری محل استقرارشان قرار گرفته‌اند.

ب) حادثه‌ی زیر در صنایع فرایندی رخ نداده، اما با این وجود حادثه‌ی مزبور نمونه‌ی خوبی از چگونگی ایجاد خطرات پیش‌بینی نشده توسط ابزار جدید به شمار می‌آید. یک کمپانی گاز طبیعی،

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

پیمانکاری را جهت نصب یک لوله‌ی اصلی گاز طبیعی پلاستیکی به قطر 2 اینچ و مقاوم در برابر فشار مانومتری 60 Psi (4 بار) در امتداد یک خیابان بکار گرفت. پیمانکار از یک روش حفاری نیوماتیکی استفاده نمود. او برای انجام این کار، درست در وسط لوله‌ی 6 اینچی فاضلاب یکی از خانه‌های واقع شده در خیابان سوراخی ایجاد نمود. صاحبخانه که متوجه شده بود فاضلاب مسدود شده است پیمانکار دیگری را برای پاک نمودن آن بکار گرفت. پیمانکار از یک لوله پاک‌کن استفاده کرد، سپس لوله‌ی پلاستیکی گاز را پاره نمود. ظرف سه دقیقه، گاز طبیعی تا ارتفاع 12 متر از لوله‌ی فاضلاب بالا آمده و به درون خانه‌ی مزبور حرکت نمود و منفجر گردید. در نتیجه دو تن کشته و چهار نفر مجروح گردیدند. خانه‌ی مزبور ویران شده و منازل اطراف آن نیز خسارات فراوانی دیدند. پس از وقوع انفجار، معلوم گردید که لوله‌ی اصلی گاز از میان یک سری لوله‌های فاضلاب دیگر عبور کرده است.

2-8: تغییرات و اصلاحات سیستم تولید

همچنانکه حوادث زیر نشان می‌دهند، این تغییرات نیز اثرات جانبی پیش‌بینی نشده‌ای دارند.

الف) در واحدی از مقادیر ناچیزی اسید سولفوریک و سود سوزآور استفاده شده و این مواد در ظروف پلاستیک عرضه می‌شدند (شکل 8-2). زمانی که اپراتوری در تعطیلی خود به سر می‌برد، شخصی دیگر به این فکر افتاد که استفاده از یک ظرف اسید و یک ظرف باز در هر طرف راحت‌تر است.

هنگام بازگشتن اپراتور، کسی در مورد این تغییر به او چیزی نگفت. او بدون چک نمودن برچسب‌ها، مقداری اسید اضافه به داخل ظرف حاوی سود سوزآور ریخت. ناگهان واکنش شدیدی رخ داد و مواد به صورت اپراتور پاشیده شد. خوشبختانه او عینک ایمنی به چشم داشت. بایستی افراد را از تغییراتی که به هنگام غیبت آنان صورت گرفته مطلع ساخت. به علاوه اگر مواد شیمیایی تلفیق ناپذیر در واحد، مورد استفاده قرار می‌گیرند (در هر زمان ممکن)، بایستی ظروف از نظر اندازه شکل و یا رنگ تفاوت داشته باشند و برچسب روی آنها بزرگ بوده و به سهولت در معرض دید باشد.

ب) پرسنل واحدی تصمیم گرفت که جواز کار را به نمایش گذارد طوریکه مجوزهای انجام کار براحتی در معرض دید کارگران مشغول به کار قرار گیرند. این ایده‌ی خوبی بود. مجوزهای انجام کار را در کیسه‌های پلاستیکی گذاشته و به تجهیزات می‌بستند. اما برخی اوقات آنها را لوله کرده و داخل انتهای دیرک‌های داربست‌ها نیز می‌گذاشتند.

روزی شخصی مجوز انجام کاری را به داخل انتهای باز یک لوله قرار داد. احتمالاً او تصور نموده بود که لوله‌ی مزبور یک دیرک داربست با لوله‌ی خارج شده از رده است. متأسفانه، لوله‌ی مزبور مجرای هواگیری یک سیستم خلاء بود. میزان هوا توسط یک شیر موتوردار کنترل می‌گردید. مجوز انجام کار به داخل شیر مکیده شده و آن‌را مسدود ساخت. خلاء مزبور نتوانست شکسته شود، محصول به درون سیستم خلاء مکیده گردید و واحد اجباراً جهت نظافت برای دو روز متوقف گردید[8].

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

2-9: تغییرات و اصلاحات تدریجی

کنترل تغییرات بسیار مشکل می‌باشد. اغلب زمانی متوجه وقوع یک تغییر می‌شویم که بسیار دیر شده است. برای مثال پس از گذشت سال‌ها، مصرف بخار در یک واحد به تدریج کم گشت. جریان بخار در لوله‌های اصلی برای جلوگیری از جمع شدن بخار مایع شده بسیار پایین بود. در یکی از لوله‌های اصلی، انبوه بخاری که دور از دسترس قرار داشت ایزوله شده و لوله‌ی اصلی دیگری به آرامی نشست کرده بود. وقتی جریان بخار زیاد بود، هیچ یک از این اشکالات اهمیت نداشتند، اما جریان بخار به تدریج کم شد. بخار مایع شده جمع گردیده و سرانجام لوله‌های اصلی در اثر ضربه‌ی قوچ[1] آب شکسته شدند.

محصولات میدان‌های نفتی که گاز و نفت شیرین (یعنی عاری از سولفید هیدروژن) تولید می‌کنند به تدریج می‌تواند برای زندگی انسان خطرناک بوده و یک خوردگی غیر منتظره ایجاد کند.

در واحدهای آمونیاک، انتهای لوله‌های کوره به لوله‌های انعطاف‌پذیری که امکان انبساط را فراهم می‌سازند مجهز هستند. در طراحی واحدی طی چند سال تغییرات بسیار کوچکی به عمل آمد. تأثیر اساسی این تغییرات، کوتاه شدن خمش در لوله‌ها و در نتیجه افزایش تنش بوده است. عاقبت 54 لوله از کار افتاده و آتش‌سوزی چشمگیری به وقوع پیوست[9].

2-10: تغییرات و اصلاحات زنجیره‌ای

در یک واحد با یک طراحی جدید، تغییر کوچکی ایجاد می‌نماییم. چند هفته یا چند ماه بعد متوجه می‌شویم که تغییر مزبور عواقبی در پی خواهد داشت که ما پیش‌بینی نکرده‌ایم. در نتیجه به تغییرات بیشتری نیاز می‌شود، به حدی که مجبور به تن دادن تغییرات دیگری می‌شویم. بالاخره ممکن است آرزو کنیم که ای کاش هرگز این تغییر اولیه را انجام نمی‌دادیم ولی ممکن است دیگر دیر شده باشد.

برای مثال، نشت‌های کوچک در شیرهای اطمینان ممکن است باعث آلودگی شوند، از این‌رو دیسک‌های اطمینان را زیر شیرهای اطمینان نصب نموده‌اند. (شکل 10-2 الف). در سایر موارد آنها به منظور پیشگیری از خوردگی شیرهای اطمینان نصب شده‌اند.

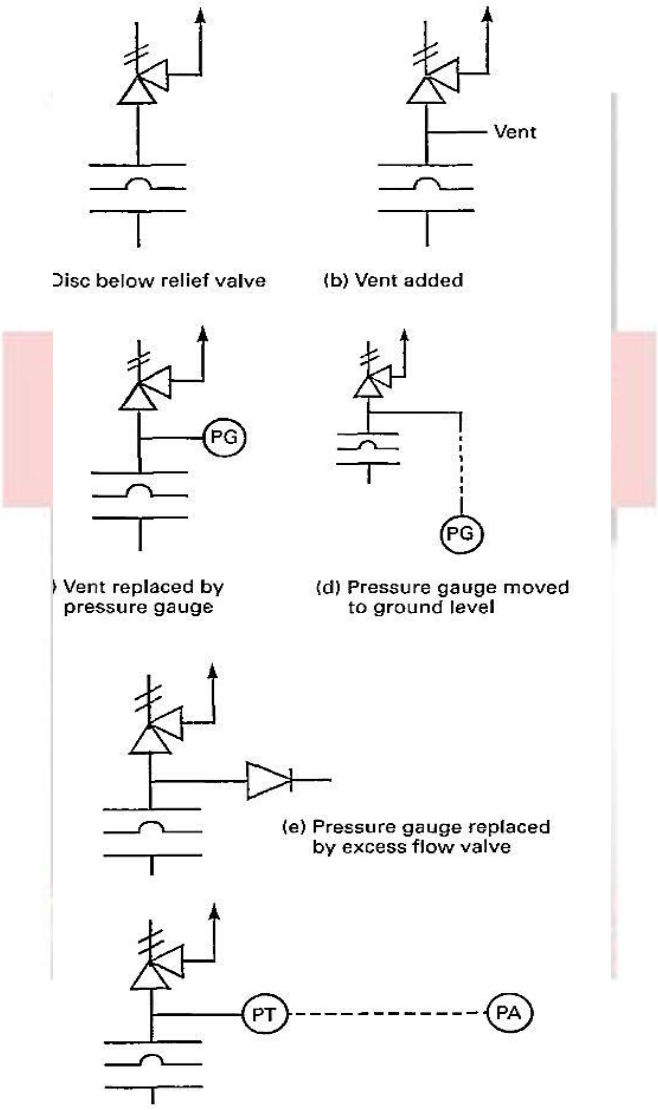
به زودی متوجه شدند که در صورت ایجاد حفره در یک دیسک اطمینان، فشار هوای بین دیسک و شیر اطمینان تا زمانی که به میزان فشار زیر دیسک برسد، افزایش خواهد یافت. بدین ترتیب دیسک مزبور تا زمانی که فشار زیر آن تقریباً به دو برابر فشار از هم گسیختگی طراحی شده افزایش پیدا کند، متلاشی نخواهد شد. از این رو به منظور جلوگیری از افزایش فشار در فضای میانی، لوله‌های تخلیه‌ی

[1] ضربه قوچ از تغییر ناگهانی سرعت جریان آب در خطوط لوله بوجود می آید. معمولاً بعد از خاموش کردن ناگهانی پمپ، یک موج فشار از طرف پمپ به طرف انتهای خط لوله با سرعتی معادل سرعت صوت در خط لوله به حرکت در می‌آید. گاهی اوقات قدرت تخریبی این موجها به حدی است که نتایج وخیمی به بار می آورد (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

کوچکی که با هوای بیرون در ارتباط هستند بین دیسک‌ها و شیرهای اطمینان نصب شده‌اند (شکل10-2).

استفاده از دیسک به منظور جلوگیری از خوردگی، مسئله‌ای ندارد اما اگر از آن به عنوان جلوگیری از آلودگی استفاده شود آن وقت مقصود اصلی ارزش خود را از دست می‌دهد.



شکل 10-2

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

بنابراین فشارسنج‌ها به لوله‌های تخلیه نصب شده و از اپراتورها خواسته شد تا هرچند ساعت یکبار آنها را بخوانند (شکل 10-2 ب)

بسیاری از شیرهای اطمینان در بالای برج‌های تقطیر و سایر نقاط در ارتفاع بالا قرار داشتند، از این‌رو اپراتورها به خواندن فشارسنج تمایلی نشان نمی‌دادند. بنابراین فشارسنج را هم سطح با زمین قرار دادند و آنها را توسط لوله‌ی طویل و باریکی به مسیرهای تخلیه متصل نمودند. این لوله‌های طویل، شکسته شده یا پیچ خورده و یا مایع در آنها جمع گردید.

بعضی اوقات اپراتورها آنها را از فشار سنج جدا می‌کردند، طوریکه فشارسنج همیشه فشار صفر را نشان می‌داد. از این رو فشارسنج‌ها و لوله‌های طویل را با شیرهای جریان مازاد (که یک نشتی را از حفره‌های ایجاد شده تخلیه کرده، ولی در صورت انفجار دیسک‌های اطمینان بسته می‌شدند) تعویض نمودند (شکل 10-2 ث). متأسفانه شیرهای جریان مازاد به شیرهای مادگی مجهز بودند و به بسیاری از اپراتورها آموزش داده شده که توپی‌ها را به داخل هر شیار مادگی بازی که می‌بینند، پیچ نمایند. بدین ترتیب برخی از شیرهای جریان مازاد به توپی مجهز گردیدند و انتقال دهنده‌های سیگنال فشار که آلارم‌ها را در اتاق کنترل صدا به صدا در می‌آوردند به جای شیرهای جریان مازاد نصب گشتند (شکل2-10(ج))

این، راه حل گرانی بود و شاید بهتر بود که دیسک‌های اطمینان را برداشته و با دقت بیشتر به خرج دادن در تراشکاری و صیقل‌کاری شیرهای اطمینان از راه یافتن مواد نشت شده به فضای محیط جلوگیری به عمل آید.

زیر شیر اطمینان یک تانکر محتوی گاز نفت مایع، دیسک اطمینانی نصب شده و فشار سنجی در فضای مابین این دو کار گذاشته شده بود. هنگام رسیدن تانکر به مقصد (تایلند)، مشتری به عرضه کننده‌ی آن در هلند تلفن زد تا بگوید که مخزن خالی است زیرا فشار صفر را نشان می‌داد.

2-11: کنترل تغییرات و اصلاحات

چگونه می‌توان از تغییراتی که اثرات جانبی نامطلوب و پیش‌بینی نشده‌ای دارند جلوگیری نمود؟

1) قبل از ایجاد هرگونه تغییر و اصلاح در مورد یک سیستم ایمنی یا یک کارخانه یا سیستم فرایندی «چه ارزان و چه موقتی و چه دائمی» مجوز بایستی کتباً توسط یک مدیر و یا یک مهندس، (یعنی یکی از کارکنان که از لحاظ حرفه‌ای دارای صلاحیت می‌باشند که معمولاً جزء کارکنان رده‌ی اول سازمان نیز می‌باشند) صادر گردد. پیش از صدور مجوز انجام کار تغییر و اصلاح، آنها بایستی مطمئن شوند که این تغییر و اصلاح، عواقب پیش‌بینی نشده‌ای به همراه ندارد و تغییر مزبور مطابق با استانداردهای مهندسی و ایمنی انجام می‌شود. هنگامی که تغییر و اصلاح به اتمام می‌رسد، بایستی آنان جهت کسب اطمینان از

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

اینکه مقاصد آنها پیاده شده یا خیر و نیز برای اطمینان از اینکه هر چیزی درست به نظر می‌رسد به بازرسی آن بپردازند. آنچه که به نظر درست نمی‌آید، معمولاً صحیح نبوده و حداقل بایستی چک شود.

2) از مدیران و مهندسینی که مجوز انجام کار را صادر می‌نمایند، نمی‌توان انتظار داشت که به یک نقشه خیره شده و امیدوار باشند که عواقب کار، خودشان را نشان دهند. بایستی به ابزار کمکی دیگری مثلاً لیستی از سؤال‌ها مجهز باشند.

3) دستورالعمل درباره‌ی مورد (1) و ابزار کمکی که در مورد (2) توضیح داده شده کافی نمی‌باشد. بایستی کلیه‌ی دست‌اندرکاران و به خصوص سرکارگران را متقاعد نمود که تغییرات غیر مجاز را پیاده نسازند. با تشریح حوادثی نوعی، نظیر آندسته از حوادثی که در اینجا بحث شده یا وقایعی که در انیستیتو مهندسی شیمی انگلیستان جلد دوم [1] آورده شده، می‌توان این کار را انجام داد.

[1] Hazard Workshop Module No.002

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

Refrence:

1 T. A. Kletz, Chemical Engirzeerirzg Progress, Vol. 72, No. 11, No\.
2. E P. Lees, Loss Pre1,ention in the Process Iizdustries, 2nd edition, But-
3. The FIixborouglz Cyclohexane Disaster; Her Majesty's Stationery
4. Guide Notes on the Safe Use of Stairiless Steel. Institution of Chemi-
5. A note issued by the U.S. National Transportation Safety Board on
6. Cheiizica/ Safety Sunznzaiy Vol. 56. No. 221, Chemical Industries
7. L. Silver. LOSS Pi.everztioii, Vol. 1, 1967, p. 58.
8. A. **M.** Searson, Loss Preverztioiz, Vol. 6, 1972. p. 58.
9. C. S. McCoy. M. D. Dillenback, and D. J. Truax, Plarzti'Operations 1976, p.48. tenvorth-Heinemann, Oxford, UK, 1996. Chapter 2 1. Office, London, 1975. Cal Engineers. Rugby, UK, 1978. Nov. 12, 1976. Association, London. 1985. **p.** 6. Progress, Vol. 5, No. 3. July 1986, p. 165.
10. Hazai-dous Caigo Bulletirz, Jan. 1985. p. 31.
11. T. A. Kletz, P1ant;Operatioris Progress, Vol. 5, No. 3. July 1986, **p.** 130.
12. R. E. Sanders, Maizagenient of Change in Chemical Plaizts-Learningfroin Case Histories, Butterworth-Heinemann. Oxford. UK, 1993.
13. Loss Preiieiztiorz Bulletiiz, No. 098, Apr. 1991. **p.** 13.
14. S. J. Skinner, Plaiit/Opercitiorzs Progress, Vol. 8, No. 4, Oct. 1989. **p.**
15. D. Mosey, Reactor Accidents, Butterworth Scientific, London, 1990.
16. T. A. FJetz, Process **Safely** Progress, Vol. 12, No. 3, July 1993, **p.** 147.
17. **S.** E. Anderson, A. M. Dowell, and J. B. Mynagh, Plarzt/Operntioizs

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل سوم

حوادث ناشی از خطای انسانی

3-1: مقدمه:

این فصل حوادثی را مورد بحث و تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد که برخی اوقات حتی از افراد خوب آموزش دیده و دارای انگیزه‌ی قوی نیز سر می‌زند، برای مثال ممکن است آنان بستن یک شیر را از یاد ببرند و یا یک شیر اشتباهی را ببندند. آنان به خوبی می‌دانند که چه کاری را باید انجام دهند و از این رو مایل به انجام دادن همان کار هستند و از نظر روحی و جسمی توانائی انجام آن‌را دارند، اما فراموش می‌نمایند که آن کار را انجام دهند. تنبیه و تشویق یا آموزش‌های بیشتر هیچ تأثیری نخواهد داشت. ما بایستی پذیرای اشتباهات موردی باشیم و یا شرایط کاری را طوری انجام دهیم که امکان وقوع خطا به حداقل ممکن برسد.

اکثر خطاهایی که به وقوع می‌پیوندد، خطاهایی نیستند که انتظار انجام دادن آنها از افراد خوب و آموزش دیده نمی‌رود، بلکه گاهی خوب آموزش دیدن آنها عامل رخ دادن آن حوادث می‌باشد. انجام امور عادی اصولاً به سطوح پایینی مغز مربوط می‌شود و ضمیر خودآگاه به طور مستمر آنها را کنترل نمی‌نماید. اگر قرار بر این باشد که برای انجام هرکاری تمام توجهات خود را به کار گیریم، هرگز قادر نخواهیم بود کاری را مطابق با الگوهای عملیاتی انجام دهیم و زمینه برای بروز خطا و اشتباه مساعد می‌گردد. این لغزش‌ها مشابه آندسته خطاهایی هستند که در طول زندگی روزمره‌ی خود مرتکب می‌شویم.

بعد از این حوادثی را مورد بحث و گفتگو قرار می‌دهیم که به دلیل عدم آموزش کافی پرسنل به وقوع می‌پیوندد. گاهی اوقات این افراد فاقد دانش بنیادی بوده و گاهی اوقات از مهارت‌های پیچیده برخوردار نیستند.

یکی از عوامل بروز اشتباهات این است که افراد عمدتاً تصمیم می‌گیرند که از دستورالعمل‌هایی که از نظر آنها غیر ضروری است، پیروی نکنند. به خصوص آنان که از پوشیدن لباس ایمنی خودداری کرده و یا به موارد احتیاطی که در برگه‌ی مجوز کار آنان قید شده توجه نمی‌کنند. این خطاها که در بخش 2-4-1 مورد بحث قرار گرفته به سه نکته ذیل اشاره می‌نمایند:

1- آیا رعایت این دستورالعمل‌ها واقعاً امری الزامی می‌باشد؟ در غیر این صورت بایستی حذف شوند.
2- آیا این دستورالعمل‌ها عملی هستند؟ در صورت منفی بودن پاسخ؛ بایستی روش بهتری ارائه نمود.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

3- اگر پاسخ موارد 1 و 2 مثبت می‌باشد، آیا بررسی‌های منظم در خصوص پیروی از این دستورالعملها انجام می‌شود؟

2-3: حوادثی که از اشتباهات ساده ناشی می‌شوند، برای جلوگیری از بروز چنین اشتباهاتی بایستی طرح کارخانه یا روش کار تغییر کند

1-2-3: طرح مزبور اشکالی ندارد، اما وسایل و تجهیزات به خوبی سوار نشده‌اند

بعد از خرابی یکی از اجزا دستگاه، چندین بار این مسئله از سوی طراحان مطرح شده است؟

طراح معمولاً درست می‌گوید، اما گهگاهی بایستی از طرح‌هایی استفاده نماییم که اشتباه سوار کردن آن امری محال و دشوار بوده و یا احتمال خراب شدن آنها در صورت اشتباه سوار شدن وجود ندارد، برای مثال:

الف) در بعضی کمپرسورها می‌توان جای شیرهای تخلیه و مکش (suction) را با هم عوض نمود. در نتیجه‌ی این کار خرابی و نشتی ببار آمده است. شیرها بایستی طوری طراحی شوند که نتوان جای آنها را با یکدیگر عوض نمود.

ب) گاهی اشتباهاً با بسیاری از انواع کوپلینگ‌های پیچدار و فشرده، حلقه‌ای به کار می‌رود که مناسب این کوپلینگ‌ها نیست. در نتیجه این خود موجب بروز حوادثی چند می‌شود. بنابراین بایستی از لوله‌های جوش داده شده و فلنجدار استفاده نمود. به جز در مورد خطوط کم قطر که با خود مواد بی‌خطر حمل می‌کنند.

پ) در حین اتصال، فلنج‌های قابل تحرک بیش از فلنج‌های ثابت به دقت نیاز دارند. بنابراین بهتر است از فلنج‌های ثابت استفاده نمود.

ت) پرده‌های آکوردئونی (Bellows) بایستی با دقت بیشتری نصب شوند مگر اینکه به شکل خاصی طرح ریزی شده باشند، زیرا آنها نمی‌توانند فشارهایی را که از اطراف بر آنها وارد می‌شود، تحمل کنند. با طراحی زانوهای انبساطی و جای دادن آنها در داخل لوله‌ها دیگر نیازی به پره‌های آکوردئونی نمی‌باشد.

در یک راکتور آکوردئونی پلیمرسازی واکنشی از کنترل خارج شده و یک دیسک اطمینان[1] منفجر گردید. چرا که دیسک مزبور در قسمت نامناسب به حائل خلاء نصب شده بود.

بنابراین فشار انفجار آن از فشار مانومتری Psi150 (10 بار) به Psi400 (24 بار) افزایش یافته بود (شکل‌های 3-1 الف، 3-1 ب).

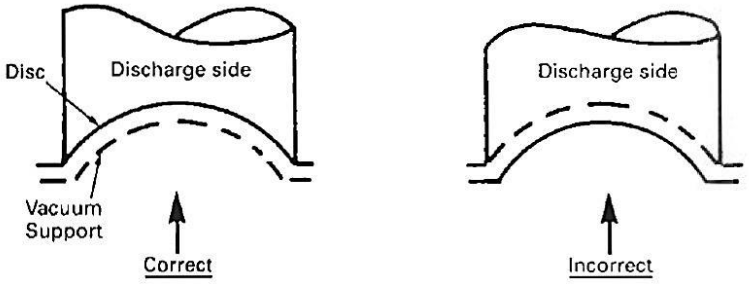
پلیمر از میان اتصالات فلنجی به بیرون تراوش نمود و بدین ترتیب راکتور با یک ماده‌ی پلیمری قهوه‌ای رنگ (به شکل شکلات تافی) پوشیده گشت. راکتور با فلنج‌های کلاس 150 محکم شده بود. اگر به این فلنج‌ها بیش از حد فشار وارد شود، پیچ‌ها منبسط شده و موادی از فلنج‌ها نشت می‌کند و بدین ترتیب از ترکیدن مخزن جلوگیری می شود. (مشروط بر اینکه فشار ایجاد شده با سرعت خیلی بالا افزایش نیابد) اما با

[1] صفحاتی هستند که با افزایش فشار به دلیل ضخامت کم قبل از مخزن منفجر شده و باعث آزاد شدن فشار گردیده، بنابراین از انفجار مخزن جلوگیری می‌شود (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

بستن فلنج‌هایی که درجه‌ی مقاومت آنها در برابر فشار بیشتر است، ممکن است چنین مسئله‌ای پدیدار نگردد.

بهترین راه برای جلوگیری از بروز چنین حوادثی استفاده از دیسک‌های اطمینان است که مونتاژ آن به صورت غیر صحیح مشکل‌تر بوده و می‌توان آنها را از نظر نصب صحیح بعد از مونتاژ کردن وارسی نمود، می‌توان از شرکت سازنده خواست که این دیسک‌ها را به صورت دائمی به حائل‌های خلاء متصل نموده و روی آن‌ها یک برچسب برجسته با عبارت «قسمت تخلیه» بچسبانند. فشار قابل تحمل برای این دیسک‌ها نیز می‌تواند روی این برچسب قید شود. برای اطلاعات بیشتر به بخش‌های 3-5 (ج) و 3-9-1 مراجعه نمایید.



شکل 3-1 (الف). ترتیب قرار گرفتن دیسک‌های اطمینان و نگهدارنده‌ی خلاء

3-2-2: باز شدن شیری به اشتباه:

پمپی که جریان روغنی را به لوله‌های یک کوره می‌رساند، از کار افتاد. متصدی دستگاه، شیر روغن را بست و تصمیم گرفت شیر بخار را باز نماید تا لوله‌های کوره پاک شود. با این کار جریان روغن داخل کوره قطع شده و لوله‌ها به دلیل حرارت بیش از حد ذوب شدند. این حادثه یک نمونه از حوادثی است که در نظر اول می‌توان اپراتور را مسئول آن دانست. متصدی دستگاه مقصر شناخته شده و دیگر کاری از دست کسی ساخته نبود. اما در واقع تحقیقات نشان داد که:

1- دسترسی به شیر بخار به خوبی امکان‌پذیر نبوده و پیدا کردن شیر درست با دشواری انجام می‌گردیده است.
2- در اطاق کنترل، دستگاه نشانگری وجود نداشته تا نشان دهد جریانی در کوئل‌های کوره وجود ندارد.
3- در کوره هیچ زنگ خطر نشان‌دهنده‌ی جریان پایین[1] یا trip وجود نداشته است.

3-2-3: آیا شما از یک لوله بالا می‌روید یا ترجیح می‌دهید 90 متر راه را طی نمایید؟

[1] دستگاه‌هایی که غالباً تحت کنترل ولو مشخص می شوند و جهت تنظیم جریان ورودی و یا خروجی می‌باشند که به دو صورت fail to open و fail to close می باشند (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شخصی برای تعمیر یک کنتور جریان‌سنج مجبور بود 6 بار از صفحه‌ی اریفیس (روزنه) به طرف مبدل[1] حرکت کرده و برگردد. او برای رفتن از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر مجبور بود چهل و پنج متر راه را طی نموده، به کمک یک پل پیاده‌رو از روی لوله‌ای که سی اینچ قطر داشت، عبور کرده و چهل و پنج متر راه را برگردد. یعنی او در کل مجبور بود برای تمام کار خود 540 متر راه برود. اما او می‌توانست به جای پیمودن این راه از لوله بالا رود و نیاز به پیمودن این همه راه نباشد. با گذشت زمان، او هنگام انجام دادن این کار از ناحیه‌ی کمر صدمه دیده و مجبور به پرداخت هزینه گردید. آیا منطقی است که از فردی انتظار داشته باشیم برای اجتناب از بالا رفتن از یک لوله، 90 متر راه را مکرراً طی کند؟

3-2-4: اشتباهی که هنگام تست و آزمایش یک زنگ خطر رخ داد

دو کوره، هر کدام به یک کنترل کننده، حرارت (controller) و یک زنگ خطر دمای بالا، مجهز بودند. دو کنترل کننده‌ی مزبور به پهلو روی پانل ابزار دقیق در اتاق کنترل قرار گرفته بودند. به طوریکه که کنترل کننده‌ی کوره A سمت چپ قرار داشت (شکل 2-3).

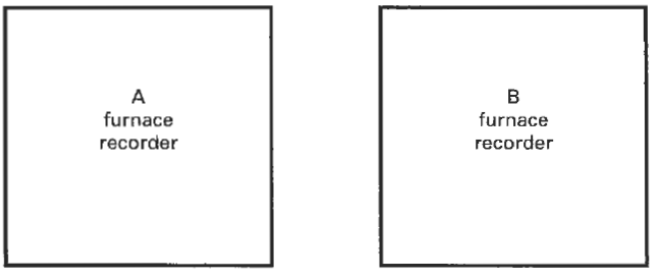
از یک مکانیک ابزار دقیق درخواست گشت تا زنگ خطر کوره‌ی A را امتحان کند. او کنترل‌کننده را روی حالت دستی قرار داده و سپس به پشت پانل رفت. مرحله‌ی بعدی عبارت بود از برداشتن درپوش جعبه‌ی تقسیم، باز نمودن یکی از اتصالات، اعمال تدریجی یک ولتاژ افزاینده توسط یک پتانسیومتر و یادداشت کردن مقدار ولتاژی که زنگ خطر را به صدا در می‌آورد.

[1] Transmitter

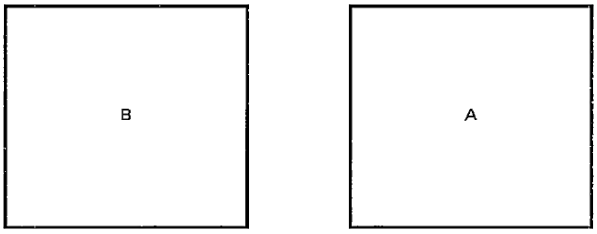
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شکل 3-1 (ب): از آنجائیکه دیسک اطمینان در سمت نادرست یک نگهدارنده‌ی خلاء نصب شده بود، فلنج‌ها نشت کرده و راکتور را با ماده‌ی پلیمر قهوه‌ای رنگی (به شکل شکلات تافی) پوشانید.

پشت پانل، جعبه تقسیم مربوط به کوره‌های A و B با کنترل‌کننده‌ها در یک امتداد قرار گرفته و بنابراین B در سمت چپ قرار می‌گرفت (شکل 3-3).



شکل 3-2: طرح کلی ثبت کننده‌های روی پانل



شکل 3-3: طرح کلی ثبت کننده‌های پشت پانل

تنها برچسبی که موجود بود، خیلی کوچک و نزدیک به کف زمین قرار داشته و برای همین به سختی قابل خواندن بود. مکانیکی که این کار را قبلاً بارها انجام داده بود، درپوش جعبه تقسیم B را برداشته و یکی از اتصالات را قطع نمود. نتیجه درست مثل این بود که ترموکوپل سوخته باشد. دستگاه ثبات (recorder) حرارت بالایی را ثبت نمود و کنترل‌کننده، شیر گاز سوخت را بست و کوره از کار ایستاد. هر دو جعبه تقسیم بایستی با حرف بزرگ A و B برچسب می‌خوردند و بهتر بود که اتصالات پتانسیومتر در جلوی پانل قرار داده می‌شدند.

3-2-5: دستورالعملی با طرح ضعیف

در تعیین مقدار یکی از اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی یک پخت کوره (Batch) اشتباهی به وقوع پیوست. تحقیقات نشان داد که اپراتور به جای اضافه نمودن 104 گرم یا 0/104 کیلوگرم از یکی از مواد

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

تشکیل‌دهنده‌ی پخت، 104 کیلوگرم از آن ماده را به کار برده است. طرح دستورالعمل داده شده به اپراتور در جدول 1-3 (نام تشکیل‌دهنده‌ی پخت تغییر داده شده) آمده است.

(جدول 1-3) دستورالعمل اپراتور

موادی که باید مخلوط شوند	مقدار مواد (به تن)
مارمالاد	3/75
سوپ	0/250
فلفل	0/104
لوبیای پخته	0/02
مربای توت فرنگی	0/006
جمع	4/026

چنین دستورالعمل‌هایی به سادگی باعث گیج شدن و سردرگمی اپراتور می‌گردد.

3-2-6: دقیق نخواندن عدد نشان داده شده توسط دستگاه ابزار دقیقی که پایین‌تر از کمر قرار گرفته

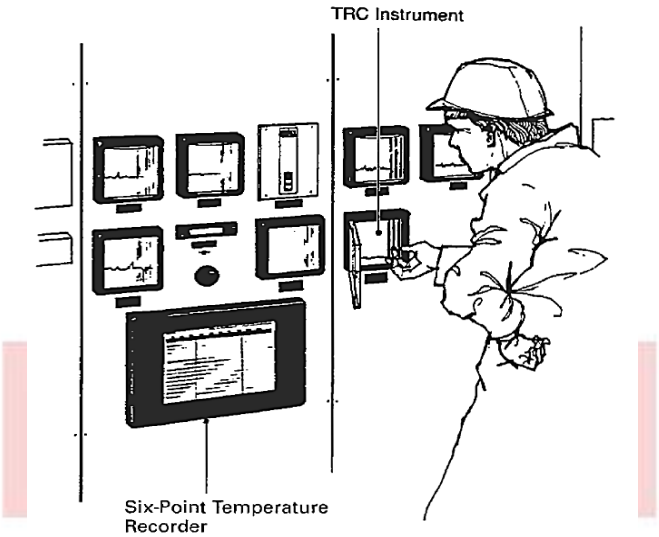
در پالایشگاهی یک راکتور راه‌اندازی گشت. این راکتور از راکتور دیگری که از قبل روشن شده بود با مخلوط واکنش پر شده و متصدی پانل با افزایش تدریجی جریان و زیر نظر قرار دادن دمای نشان داده شده توسط ثباتی که هم سطح با چشم او قرار داشت به طور همزمان، خوراک تازه به کوره را اضافه می‌نمود. طبق روش معمول او تصمیم گرفت تا به محض افزایش حرارت، جریان آب خنک را به دستگاه خنک‌کننده‌ی راکتور برساند.

متأسفانه ثبت کننده‌ی حرارت دچار اشکال گشته و با وجود افزایش درجه‌ی حرارت، آن را نشان نداد. اگرچه افزایش درجه‌ی حرارت توسط ثبت‌کننده‌ی حرارت از نوع شش نقطه‌ای که روی پانل در سطح پایین‌تری قرار گرفته بود، نشان داده شد، اما متصدی دستگاه به آن توجی نکرده بود (شکل 4-2). جالب اینکه در این حادثه کسی متصدی دستگاه را مقصر ندانست و طبق اظهارات مدیر احتمالاً او هم دچار همان اشتباه می‌گشته، بدین خاطرکه وسیله بازرسی در سطح پایین بوده (حدود 1 متر بالای سطح زمین) و در چنین موقعیتی تغییر حوادث روی یک ثبت‌کننده‌ی شش نقطه‌ای قابل مشاهده نیست. مگر اینکه شما تغییر درجه حرارت را زیر نظر داشته باشید و تغییر درجه حرارت هم چیزی نیست که از گوشه‌ی چشم به آن نگاه گردد.

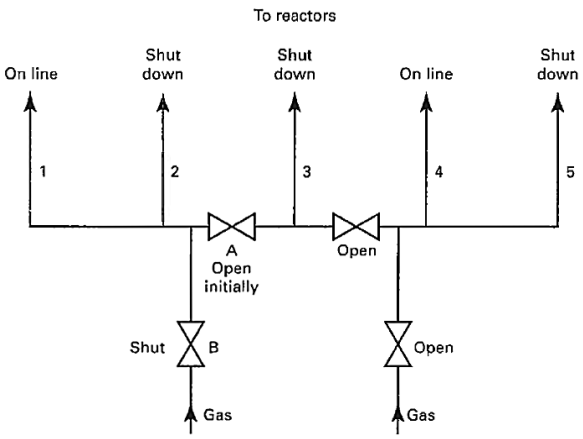
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

3-2-7: بستن یک شیر به اشتباه باعث وقوع یک انفجار می‌شود

شکل 5-3 بخشی از یک کارخانه را نشان می‌دهد که دارای پنج راکتور موازی با هم بوده‌اند. در خط گازرسانی با اتصالات متقاطع ما بین آنها نیز وجود داشت.



شکل 4-3: دستگاه‌هایی ابزار دقیقی که هم سطح با چشم نیستند، ممکن است مورد توجه قرار نگیرند.



شکل 5-3: بستن تصادفی یک شیر می‌تواند باعث افتخار شود

راکتورهای مزبور با اکسیژن نیز تغذیه می‌شدند اما خطوط اکسیژن در این شکل نشان داده نشده است. هنگام وقوع حادثه فقط دو راکتور یعنی راکتور شماره 1 و 4 در حال کار بودند.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

متصدی دستگاه به خیال اینکه شیر B باز است، شیر A را بست. با این کار جریان گاز به راکتور شماره یک متوقف گشت. جریان اکسیژن توسط یک کنترل‌کننده نسبی کنترل می‌گردید. اما صفر کنترل کننده کاملاً درست تنظیم نشده بود و در حالت قطع، جریان کم اکسیژن همچنان ادامه داشت.

زمانی که اپراتور به اشتباه خود پی برد و جریان گاز را مجدداً برقرار ساخت، راکتور، حاوی اکسیژن مازاد گشته و بنابراین انفجاری رخ داد که محل وقوع آن نه در خود راکتور بلکه در دیگ گرم شونده توسط حرارت تلف شده‌ای بود که در مسیر جریان گاز قرار داشت. در این حادثه چهار تن فوت نمودند. حال درمی‌یابید که چگونه یک اشتباه کوچکی که متصدی دستگاه انجام داد، می‌تواند نتایج وخیمی به همراه داشته باشد. با این وجود در این حادثه متصدی مقصر نمی‌باشد و می‌توان طراحی بد و فقدان تجهیزات ایمنی را عامل این حادثه دانست. هرگز نمی‌توان به طور آگاهانه تحمل نمود که به کار گرفتن اتفاقی یک شیر به ازدیاد بیش از حد فشار مخزن منجر گردید. به همین ترتیب، نباید اجازه داد که به کارگیری اتفاقی یک شیر به یک انفجار یا از کنترل خارج شدن یک واکنش شیمیایی منجر شود.

3-2-8: انفجار در راکتور Batch

شکل 3-6 یک سیستم واکنش Batch را نشان می‌دهد. یک Batch گلیسرول به راکتور وارد شده و به کمک یک مبدل حرارتی که می‌توانست همانند یک خنک‌کننده و یک گرم‌کننده عمل نماید، به جریان افتاد. در بدو امر این مبدل حرارتی به عنوان گرم‌کننده به کار می‌رفت و زمانی که دما به 115 درجه‌ی سانتی‌گراد رسید اضافه کردن اکسید اتیلن آغاز گشت. نتیجتاً واکنش گرمازا شده و در چنین موقعیتی مبدل به عنوان به خنک کننده وارد عمل می‌گردید.

پمپ اکسید اتیلن نمی‌توانست کار خود را آغاز نماید، مگر آنکه:

1- پمپ سیرکولاسیون به درستی کار کند.

2- دما به بالای 115 درجه‌ی سانتی‌گراد برسد، زیرا در غیر این صورت واکنش اکسید اتیلن صورت نمی‌پذیرفت.

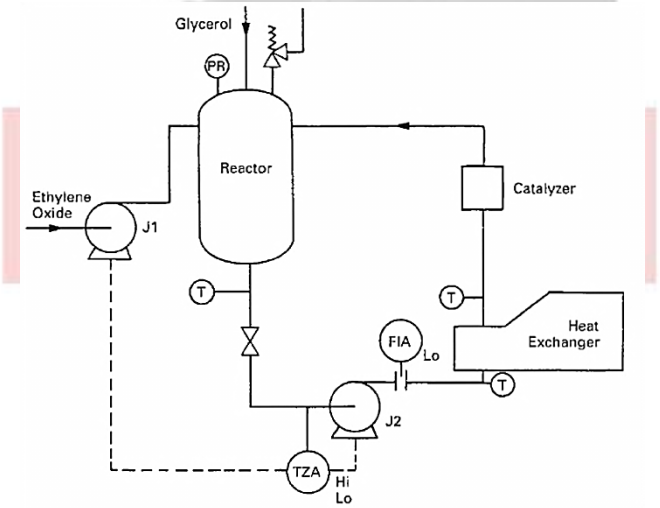
3- دما زیر 125 درجه‌ی سانتی‌گراد قرار می‌گرفت، زیرا در غیر این صورت واکنش با سرعت خیلی زیاد صورت می‌پذیرفت.

با وجود رعایت موارد احتیاط مزبور، یک انفجار به وقوع پیوست. یک روز وقتی که اضافه نمودن اکسید اتیلن آغاز گشت، میزان فشار در راکتور افزایش یافت. این بدین معنا بود که اکسید اتیلن واکنش نمی‌نماید. متصدی دستگاه تصور نمود که احتمالاً میزان دما، کم نشان داده شده و یا شاید برای شروع واکنش به کمی گرمای بیشتر نیاز است، بنابراین او دستگاه قطع‌کننده (trip) را تنظیم نموده و اجازه داد تا دمای نشان داده شده تا 200 درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یابد ولی باز هم فشار کاهش نیافت.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

سپس او چنین تصور نمود که اشتباه فکر کرده و شاید باز نمودن شیر واقع در قاعده‌ی راکتور را فراموش کرده است. با مراجعه به شیر مزبور و بسته یافتن آن، وی شیر را باز نمود. با باز کردن شیر، سه تن اکسید اتیلن واکنش نداده به همراه گلیسرول وارد گرم‌کننده و کاتالیزور شده و در نتیجه یک واکنش غیر قابل کنترل و مهار نشدنی به وقوع پیوست. در این حادثه دو نفر از پرسنل به شدت آسیب دیدند، یکی از آنها که صد و شصت متر از محل واقعه فاصله داشت بر اثر اصابت ترکش‌های در حال پرواز صدمه دیده و دیگری بر اثر موج انفجار از بالای تانکر به زمین افتاد.

با اینکه دمای نشان داده شده افزایش یافته، ولی دمای محتویات راکتور ثابت باقی مانده بود. پمپ j2 که با یک شیر مکشی بسته کار می‌کرد، داغ شده و گرمای آن نیز بر روی نشانگر درجه‌ی حرارت که نزدیک پمپ بوده اثر گذاشت.



شکل 6-3: ترتیب سیستم گردش جریان راکتور

علت این واقعه:

1) علت وقوع انفجار این بوده که متصدی دستگاه فراموش کرده بود شیری را باز نماید. نمی‌توان علت وقوع چنین حادثه‌ای را در نبودن علم و آگاهی لازم یا عدم آموزش فرد و یا فقدان دستورالعمل‌های لازم دانست. چرا که چنین پیشامدهایی گهگاه حتی از افرادی که به خوبی آموزش دیده، دارای انگیزه‌ی قوی بوده و یا صلاحیت کافی دارند نیز سر می‌زند.

2) اگر متصدی دستگاه شیری را که بسته یافته بود، باز نمی‌کرد امکان داشت انفجاری رخ ندهد. با این حال نمی‌توان او را مسبب اصلی این حادثه دانست. اقدام او امری غریزی بوده و خود شما نیز اگر کاری را که قبلاً می‌بایست انجام می‌دادید انجام نشده می‌یافتید، چه تصمیمی اتخاذ می‌کردید؟

3) این انفجار به دلیل عدم توجه فرد به علائم هشدار دهنده روی داد. افزایش فشار در راکتور، اولین اخطار به شمار می‌رفت، اما متصدی دستگاه این افزایش فشار را طور دیگری تعبیر نمود. او تا زمانی که

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

اشتباه بودن نظریه‌اش توسط شواهدی که مهار کردن آنها دیگر ممکن نبود به اثبات رسید، بر روی آن پافشاری می‌نمود. سایر نشان‌گرهای درجه حرارت می‌توانستند به متصدی دستگاه کمک نمایند تا مشکل را تشخیص دهد. اما او به آنها توجهی نکرد. شاید او فکر می‌نمود که نگاه کردن به سایر نشان‌گرهای درجه‌ی حرارت لزومی ندارد. همه‌ی نشان‌گرهای درجه حرارت می‌بایست یک درجه حرارت را نشان می‌دادند. چک کردن عدد نشان داده شده توسط یک نشانگر با خواندن عدد نشان داده شده توسط نشان‌گر دیگر باید در برنامه‌ی آموزشی اپراتورها گنجانده شده بود.

4) انفجار مزبور به دلیل کوتاهی در اندازه‌گیری مستقیم کمیتی صورت گرفت که مایل به دانستن آن هستیم. به جای اینکه دماسنج، دمای راکتور را اندازه‌گیری نماید، دمای اطراف پمپ را اندازه‌گیری کرده بود. به دلیل اینکه پمپ با شیر مکشی بسته کار می‌کرد، حرارت محیط بالا رفت، به ترتیب مشابه، دستگاه راه اندازنده‌ی روی پمپ j_2 نشان می‌داد که جریان برق به موتور وصل شده، ولی این مسئله ثابت نمی‌کرد که جریانی از گاز وجود دارد.

5) این حادثه به این دلیل به وقوع پیوست که دستگاه‌های کلیدی به خوبی کار نمی‌کردند. نشان دهنده‌ی جریان (indicator) و آلارم جریان پایین (FIA) از کار افتاده بودند. این دستگاه‌ها اغلب خراب می‌شدند و متصدیان دستگاه دریافته بودند که واحد بدون وجود این دستگاه‌ها نیز قادر به ادامه‌ی کار خود است. آنها گمان می‌کردند که اگر جریانی وجود نداشته باشد، پمپ j_2 متوقف شده و همین امر باعث متوقف گشتن پمپ j_1 می‌گردد.

متصدیان دستگاه نبایستی مقدار جریان قطع دستگاه قطع‌کننده را بالا می‌بردند. اگرچه چنین عملی به خودی خود باعث نگردید، اما اپراتور واقعاً سعی نمود تا از هوش خود استفاده کرده و به این مسئله بیندیشد که چرا واکنشی رخ نداده است، که متأسفانه در اشتباه بود.

پس چه باید انجام داد؟

هیچ فایده‌ای ندارد که به متصدی دستگاه گوش‌زد نماییم که بیشتر مراقب خود باشد. بایستی این حقیقت را پذیرفت که امکان وقوع اشتباهاتی چون به فراموشی سپردن باز نمودن یک شیر در محیط کار بسیار بالا بوده و از مقتضیات کار می‌باشد. اگر می‌خواهیم از وقوع یک اشتباه جلوگیری نماییم بایستی شرایط کار را تغییر دهیم. یعنی طرح یا روش کار سخت‌افزار و نرم‌افزار را عوض نماییم. در گزارش اصلی این حادثه متصدی دستگاه مقصر شناخته شده است. اما کوتاهی او در باز نمودن شیر می‌توانست پیش‌بینی گردد.

1) دما می‌بایست در داخل راکتور یا تا حد امکان نزدیک به آن اندازه‌گیری شود. باید همیشه سعی نماییم تا کمیت مورد نظرمان را مستقیماً اندازه‌گیری کرده و مقدار آن را از روی کمیت دیگر مشخص نماییم.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

طراحان فرض کرده بودند که دمای اطراف پمپ با دمای راکتور یکی می‌باشد. ولی اگر گردش جریانی (سیرکولاسیون) وجود نداشته باشد، چنین نخواهد بود.

طراحان فرض کرده بودند که اگر برق به پمپ برسد، مایع به گردش در می‌آید. اما همیشه این‌طور نمی‌باشد.

2) نبایستی به متصدیان دستگاه اجازه داد تا به دلخواه خود، تنظیم دستگاه قطع‌کننده را تغییر دهند. دماهای گوناگونی برای Hatch های مختلف مورد نیاز می‌باشد. اما اگر هم قرار باشد که تنظیم دستگاه تغییر نماید، این کار بایستی توسط شخصی انجام پذیرد که مجوز کتبی انجام آن‌را داشته باشد.
3) بایستی یک دستگاه قطع‌کننده با فشار بالا روی راکتور نصب شود.
4) بایستی تلاش بیشتری به‌کار بسته شود تا آژیر نشان‌دهنده‌ی جریان (INDICATOR) به خوبی کار کند.
5) به اپراتورها باید آموزش داده شود که هنگام برخورد با شیرهایی که به اشتباه تنظیم شده‌اند، قبل از اندیشیدن به پیامدهای کار وارد عمل نشوند. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه می‌توانید به بخش‌های 5-3-3 (الف) نیز مراجعه نمایید. سایر حوادثی که به دلیل انجام امور ساده توسط اپراتورها به وقوع پیوسته‌اند در بخش‌های 5-13 و 17-1 تشریح شده‌اند.

3-3: حوادثی که می‌توان با آموزش بهتر مانع بروز آنها گشت

همان‌طور که خواهیم دید، اغلب فقدان آموزش‌های پیچیده عامل بروز حوادث نیست بلکه نادیده گرفتن مقتضیات اساسی کار یا خواص بنیادی مواد و دستگاه‌های مورد استفاده منجر به بروز حادثه می‌گردد.

3-3-1: نادیده گرفتن اعداد نشان داده شده توسط نشانگرها

بسیاری از حوادث به این دلیل رخ می‌دهند که متصدیان دستگاه فکر می‌کنند که کار آنها فقط به نوشتن و ثبت اعداد خوانده شده ختم می‌شود نه واکنش نشان دادن نسبت به آنها.

الف) ساعت 5 صبح، کنترل‌کننده‌ی دمای نصب شده در پایه‌ی برج تقطیر از کار افتاده و شروع به کشیدن یک خط راست نمود. به این مسئله توجهی نگردید. در طی هفت ساعت بعد، اعداد زیر، عادی نبوده‌اند.

1) دماهای خوانده شده توسط دماسنج حداکثر و حداقل. دمای یکی از آنها از 145 درجه‌ی سانتی‌گراد به 255 درجه افزایش یافته بود.
2) سطح مایع در پایین دستگاه تقطیر (پایین)

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

3) سطح مایع در استوانه‌ی حاوی مایع برگشتی[1] (بالا)
4) میزان مواد خارج شده از استوانه حاوی مایع برگشتی[2] (بالا)

اکثر این پارامترها روی پانل ثبت شده و همگی توسط متصدی دستگاه روی برگه‌ی ثبت نوشته می‌شدند. بالاخره در ساعت 12 ظهر استوانه‌ی حاوی مایع لبریز شده و روغن قابل اشتعال نشت نمود.

از ساعت هفت صبح به بعد متصدی دستگاه، فرد کارآموزی بوده و تجربیات کافی را نداشته است. اما سرپرست او در محل حاضر بوده و سرکارگر گهگاهی از اتاق کنترل بازدید می‌نمود.

ب) بخش 5-2 (الف) توضیح می‌دهد که چگونه یک مخزن اتیلن مایع با فشار پایین به دلیل بسته شدن لوله‌ی تهویه توسط یخ، ترک برداشت. به مدت 11 ساعت، قبل از اینکه ترک خوردگی روی دهد، فشار مانومتری در مخزن 2 Psi (0/13 بار) بود. این فشار بالاتر از فشار تنظیم شده برای شیر اطمینان (فشار مانومتری 1/5 Psi یا 0/1 بار) بوده و باعث گردید تا عقربه‌ی مانومتر تا آخرین حد منحرف گردد. متصدیان دستگاه این اعداد را یادداشت نموده، اما کار دیگری انجام نداده و حتی سرکارگر و مدیران را حین بازدید از اتاق کنترل از این مسئله باخبر نساختند.

پ) دستگاه تنظیم سرعت و محافظ روی یک موتور با صدای بلند متلاشی شده و تکه‌های آن بر روی زمین پخش گردید، اما خوشبختانه کسی آسیب جدی ندید.

چند روز بعد معلوم گردید که فشار مانومتری روغن موتور برای چند ماه به جای اینکه 25 Psi (1/7 بار) باشد، 8 Psi (0/5 بار) بوده و میزان فشار در برگه‌ی ثبت نوشته نشده بود.

ت) دستگاه اندازه‌گیری سطح و آلارم موجود بر روی مخزن تغذیه از کار افتاد. از این‌رو سطح مخزن در هر شیفت با دست اندازه‌گیری می‌گشت. زمانیکه واحد در حال متوقف شدن بود، متصدیان دستگاه از فرو بردن دست خود در مخزن اجتناب می‌نمودند. اما واحدی که خوراک را تغذیه می‌کرد، متوقف نشده بود و همچنان به مخزن تغذیه خوراک می‌رسانید، تا اینکه مخزن لبریز گشت. در چنین موقعیتی اعداد نادیده گرفته نشده بودند ولی اقدامی به دنبال خوانده شدن آنها انجام نگردیده بود.

در برگه‌ها اشتباهاتی به چشم می‌خورد و مخزن بیش از آنچه انتظار می‌رفت پر شده است. با این وجود اگر متصدیان دستگاه در هر شیفت دست خود را به داخل مخزن فرو می‌بردند، وجود چنین اشتباهی قبل از سرریز شدن مخزن تشخیص داده می‌گشت.

حال چگونه می‌توان از بروز مجدد چنین حوادثی جلوگیری نمود؟

با تأکید بر آموزش، متصدی نباید فقط و فقط به نوشتن این داده‌ها اکتفا نماید. براستی آیا به آنان گفته می‌شود که چرا باید واکنشی از خود نشان دهند؟

---

[1] در تقطیر جزء به جزء به آن قسمت از مواد تقطیری که ممکن است به ستون برگشت داده شود تا جداسازی بهتر مواد به اجزاء مورد نظر را عملی سازد، اطلاق می‌شود (مترجم) Reflux.

[2] ظروف یا برجی در پالایشگاه که محصولات گرم وارد آن شده و اجزاء مواد آنها جدا می‌گردد (Drum) مترجم.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

بر روی برگه‌های ثبت، حدود کمیت‌های کنترل‌کننده را با رنگ قرمز ثبت نمایید. اگر اعداد خارج از این حدود باشد، انجام برخی اقدامات الزامی می‌باشد.

3) به نوشتن اعداد خاصی نظیر سطح مخزن حتی در زمان توقف واحد، ادامه دهید. سطح مخزن اغلب در معرض بالا و پایین آمدن است در صورتی که بایستی ثابت باشد.

3-3-2: نادیده انگاشتن اخطارها

زمانی که اخطار صادر می‌گردد، غالب متصدیان دستگاه کاملاً آماده‌اند تا فرض نمایند که آژیر خراب است. بدین جهت به این موضوع بی‌توجه بوده و یا مکانیک ابزار دقیق را برای تعمیر آن خبر می‌کنند، تا زمانی که درستی دستگاه هشدار دهنده مورد تأیید قرار گیرد، دیگر کار از کار گذشته است. به عنوان مثال:

الف) در طول شیفت صبح، متصدی دستگاه متوجه گردید که سطح یک مخزن خیلی سریع در حال پایین آمدن است. او گزارش داد که دستگاه اندازه‌گیری سطح خراب شده است و از مکانیک ابزاردقیق درخواست نمود تا آن‌را وارسی نماید. این کار تا بعد از ظهر به طول انجامید. مکانیک گزارش داد که اندازه‌گیر سطح درست کار می‌کند. سپس نگاهی به اطراف کرده و متوجه گردید که شیر تخلیه نشتی داشته و ده‌ها تن مواد به هدر رفته است.

ب) پس از انجام چند مورد اصلاحات در یک پمپ، از آن برای انتقال مقداری مایع استفاده گشت. زمانی که عمل انتقال به صورت کامل انجام گردید، متصدی دستگاه دکمه‌ی Stop روی پانل کنترل را فشار داده و و نتیجتاً دریافت که چراغ نشان‌دهنده‌ی روشن بودن پمپ، خاموش شده است. او شیر کنترل از راه دور موجود بر روی خط عبور مایع پمپ را نیز بست.

ساعت‌ها بعد آژیر دمای بالای روی پمپ به صدا در آمد. چون متصدی دستگاه پمپ را متوقف کرده و متوجه شده بود که چراغ نشان‌دهنده‌ی روشن بودن پمپ خاموش است، به خیال اینکه آژیر اشتباه می‌کند، به این صدا توجهی نکرد. مدت زمان زیادی نگذشت که یک انفجار در پمپ به وقوع پیوست. در حین اصلاح پمپ، یک اشتباه در مدار آن صورت گرفته بود. در نتیجه با فشار دادن دکمه‌ی stop پمپ متوقف نگردید و فقط چراغ نشان‌دهنده‌ی روشن بودن آن خاموش گردید. تلمبه به کار خود ادامه داد و با افزایش بیش از حد دمای آن مواد داخل آن تجزیه و منفجر شدند.

در آموزش متصدی دستگاه بایستی روی اهمیت پاسخ دادن به آژیر تأکید شود. زیرا ممکن است آژیر به درستی به صدا در نیامده باشد. شاید اگر متصدیان دستگاه آژیر را نادیده می‌گیرند به این دلیل باشد که به تجربه آموخته‌اند این آژیرها چندان هم قابل اعتماد نیستند. آیا آژیرهای شما به طور اساسی تعمیر شده‌اند؟

3-3-3: نادیده انگاشتن خطرات

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در این بخش شماری از حوادث که به دلیل نادیده انگاشتن اولیه‌ترین خواص مواد و تجهیزاتی که به وقوع می‌پیوندند، آورده شده است.

فردی که برای نظافت به مقداری گازوئیل نیاز داشته است، تصمیم گرفت تا آن را به کمک یک قسمت لوله از مخزن خارج کند. او یک تکه‌ی لوله لاستیکی را به داخل مخزن فرو کرد و برای پر نمودن لوله و تخلیه‌ی گازوئیل، شیلنگ را به سر نازل مکنده جارو برقی صنعتی وصل نمود. گازوئیل آتش گرفته و دو خودرو از بین رفت و یازده دستگاه دیگر صدمه دیدند. این حادثه در بخشی از یک مؤسسه‌ی بزرگ به وقوع پیوست نه در یک شرکت نامعتبر و کوچک.

ب) یک خنک‌کننده‌ی جدید با استفاده از یک پمپ آب که توسط هادی فشرده کار می‌کرد از نظر فشار مورد آزمایش قرار گرفت. یک مجرابند منفجر گردید و دو تن را هنگام کار به شدت مجروح ساخت. مدتی بعد دریافتند که فشارسنج به جای اینکه به خنک‌کننده متصل شود به مخزن هوا وصل بوده و فشار گرفته شده از فشارسنج بسیار بیشتر بوده است.

پ) یک اپراتور مجبور بود تا تانکری را به کمک نیروی جاذبه (ثقل) تخلیه نماید. به او دستور داده شده بود که:

1- شیری را که بالای مخزن نصب شده باز نماید.

2- سپس شیر تخلیه را باز نماید.

3- و در نهایت زمانی که مخزن خالی گشت، شیر بالای مخزن را ببندد.

متصدی دستگاه مجبور بود تا دو بار از مخزن بالا رود. بنابراین تصمیم گرفت قبل از تخلیه‌ی مخزن هواکش را ببندد. وی با کمال تعجب مشاهده نمود که مخزن به دلیل فشار هوای بیرون به داخل فرو رفته و شکل ظاهری خود را از دست داده است.

ت) در یک واحد معلوم گردید که کارکنان پیمانکار برای باد نمودن تایرهای نیوماتیک از سیلندرهای دستگاه جوش استفاده می‌کردند. زیرا مشعل دستگاه‌های جوش به خوبی به شیر متصل به تایرها اتصال پیدا می‌کرد.

3-3-4: نادیده گرفتن اصول علمی

حوادث متفاوتی که در ذیل مورد بررسی قرار گرفته‌اند ناشی از عدم درک کامل اصول علمی مرتبط با کار مورد نظر توسط اپراتورهای عموماً لایق رخ داده‌اند.

الف) یک محصول زائد بایستی در متانول حل می‌گشت. روش صحیح کار بدین ترتیب بود که محصول مزبور به داخل یک مخزن خالی ریخته شود، درب مخزن بسته گردد، سپس مخزن تخلیه شود. خلاء ایجاد شده با نیتروژن از بین رفته و بعد از آن متانول به آن اضافه گردد. هنگامی که محصول زائد حل می‌شود، محلول به دست آمده به مخزن دیگری منتقل شده، مخزن اول دوباره تخلیه شده و خلاء

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

ایجاد شده مجدداً با نیتروزن از بین برده می‌گردید. اگر این روش دنبال شود، وقوع یک آتش سوزی و یا انفجار امری محال می‌باشد. چرا که هوا و متانول هرگز با یکدیگر در یک مخزن قرار نمی‌گیرند.

با این وجود به منظور کاهش میزان کار، متصدیان دستگاه درست زمانی که ماده زائد وارد مخزن گردید بدون آنکه به خود زحمت تخلیه‌ی مخزن و اضافه نمودن ازت را به آن دهند متانول به آن افزودند. در نتیجه، همین امر منجر به یک آتش‌سوزی گردیده و یک نفر به شدت آسیب دید. بر طبق روال گذشته، منبع اشتعال را هرگز نتوانستند شناسایی نمایند. آسان است اگر بگوییم که این حادثه به دلیل عدم پیروی اپراتورها از قوانین روی داده است. ولی بایستی از خود بپرسیم که چرا آنها از قوانین پیروی نکرده‌اند؟ شاید علت این باشد که آنها نمی‌دانسته‌اند که اگر هوا و بخار قابل اشتعال با هم مخلوط گردند، انفجاری مهیبی به وقوع می‌پیوندد. ما نیز نمی‌توانیم اطمینان حاصل نماییم که تمامی منابع احتراق از بین رفته‌اند. به نقل از یکی از گزارشات رسمی پیرامون حادثه‌ای مشابه همین حادثه چنین آمده است:

«چنین احساس می‌شود که سطح علم و آگاهی متصدیان دستگاه در رابطه با خطراتی که ممکن است با آن روبرو گردند، به اندازه‌ی میزان مسئولیت شخصی که به آنها تفویض شده افزایش نیافته است.

همچنین گهگاهی بررسی می‌کردند که آیا روش صحیح کار دنبال می‌شود یا خیر.

ب) در نزدیکی سقف، مخزنی که محتوی یک مایع قابل اشتعال و فرار بود، عملیات جوشکاری می‌بایستی صورت می‌پذیرفت. لوله‌ی هواکشی روی سقف مخزن نصب شده بود که توسط یک شعله‌گیر[1] محافظت می‌گردید. بخاری که از این لوله خارج می‌گشت می‌توانست با شعله‌ی جوشکاری مشتعل گردد. بنابراین سرکارگر یک Flex (لوله با قابلیت انعطاف بالا) به انتهای لوله‌ی هواکش نصب نمود و سر دیگر آن را روی زمین قرار داد. به گونه‌ای که در سطح زمین از لوله‌ی هواکش خارج می‌گردید.

مایع درون مخزن قابلیت حل‌شوندگی در آب را دارا بود، بنابراین سرکارگر به عنوان یک اقدام احتیاطی اضافی انتهای Flex را داخل یک سطل حاوی آب قرار داد. ابتدا آب داخل شلنگ شده و سپس مایع مخزن به داخل مکیده شد. مخزن مانند اکثر مخازن برای یک خلاء معادل $2\frac{1}{2}$ اینچ طول ستون آب (Psi0/1 یا 0/6 کیلوپاسکال) طراحی شده بود و با خلاء معادل (0/2 Psi یا 1/5 کیلوپاسکال) به درون مکیده می‌گشت. اگر مخزن به جای خالی شدن ظرفیت آن افزایش میافت، بر اثر افزایش فشار می‌ترکید. ترکیدن یا نترکیدن مخزن به عمق آب در بالای انتهای Flex بستگی داشت.

[1] مجموعه‌ای از صفحات مشبک با توری فلزی که در سوراخ مخزن ذخیره و محصولات قابل اشتعال نصب می‌شود. به آن شعله خاموش کن هم گویند Flame Arrestor (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

این حادثه به این دلیل رخ داد که سرکارگر مزبور با وجود با تجربه بودنش، نمی‌دانست که یک درزگیر[1] چگونه کار می‌کند. او به درستی درک نمی‌کرد که مخازن شکننده چه وضعیتی دارد (به بخش 3-5 مراجعه نمایید).

ج) در یک واحد، شیرهای اضطراری تخلیه به صورت هیدرولیکی کار می‌کردند و به وسیله‌ی روغنی که تحت فشار بود، بسته نگاه داشته می‌شدند. این شیرها یک روز باز گشتند و فشار واحد به سرعت کاهش یافت و عواقب بعدی خود را به همراه داشت.

3-3-5:خطا در تشخیص

الف) حادثه‌ای که در بخش 3-2-8 توضیح داده شد، نمونه‌ی خوبی از یک خطا در تشخیص است. متصدی دستگاه به خوبی تشخیص داد که افزایش فشار در راکتور نتیجه‌ی عدم انجام واکنش توسط اکسید اتیلن می‌باشد. او به این نتیجه رسید که نشانگر حرارت، احتمالاً عدد بالایی را نشان می‌داده است و بنابراین دما برای شروع واکنش بسیار پایین بوده یا اینکه واکنش به دلیل کندی اصلا شروع نگردیده و به گرمای بیشتری نیاز داشته است. بنابراین او میزان حرارت قطع دستگاه قطع‌کننده را بالا برده و اجازه داد تا دما افزایش یابد. تشخیص او اگرچه اشتباه و بی معنی هم نبود ولی با این وجود همین تشخیص باعث گردید که او دیگر به چیز دیگری فکر نکند. بدین معنی که با وجود رد شدن این تشخیص توسط شواهد بعدی وی حاضر به تغییر عقیده‌ی خود نبود. دما افزایش یافت ولی فشار پایین نیامد. او به جای اینکه به دنبال توضیح دیگری بوده باشد یا اضافه نمودن اکسید اتیلن را متوقف سازد، دما را افزایش داد تا این دما به 200 درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسید. تنها در آن زمان بود که وی به احتمال اشتباه بودن تشخیص خود پی برد.

اپراتور در مشغول ساختن ذهن خود به یک موضوع بیشتر عمل نموده بود. اگر فکر نماییم که راه حل مشکلی را یافته‌ایم چنان به نظریه‌ی خود پایبند می‌شویم که چشم‌های ما دیگر شواهد بعدی دال بر غلط بودن آن نظریه نمی‌بینند. دیدن آموزش‌های ویژه و تمرین در زمینه‌ی مهارت‌های تشخیصی (برای مثال با استفاده از روش‌های ارائه شده توسط دانکمن و همکاران او) می‌تواند احتمال اشتباه اپراتورها را در تشخیص کمتر کند.

ب) حادثه‌ی Three Mile Island در سال 1979 مثال دیگری از تشخیص اشتباه به شمار می‌آید. نشانه‌های متعدد دیگری دال بر این موضوع وجود داشت. که سطح در مدار اولیه‌ی آب پایین بوده، در حالیکه دو دستگاه اندازه‌گیری سطح بالایی را نشان می‌دادند. اپراتورها اعداد نشان داده شده توسط این دو دستگاه را پذیرفته و به سایر اعداد توجهی ننمودند. شاید در آموزش‌های داده شده به آنها پیرامون

---

[1] درزگیر است مانند سیمان یا خاک رس که برای پرکردن شکاف یا پوشش دادن یک سطح خلل و فرجدار به جهت جلوگیری از نفوذ گاز یا مایع به کار برده می شود (مترجم)

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

خطر زیادی آب و چگونگی برخورد با آن تأکید شده و چیزی در مورد چگونگی برخورد با کمی آب در سیستم به آنها گفته نشده بود.

برای اطلاع از مثال‌های بیشتر در مورد حوادث ناشی از خطای انسانی و بحث در مورد احتمال رخ دادن آن حوادث به مرجع شماره 6 می‌توانید مراجعه نمایید.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

Refrence:

1. J. Reason and K. Mycielska. Absent Minded? The Psychology of Mental Lapses nrzd E*ei-yday Errors, Prentice-Hall, 'Englewood Cliffs, N.J.. 1982.
2. T. A. Kletz, Chernical Engineer-iiig Progress, Vol. 70, No. 7. Apr. 1974. p. 80.
3. Arzniial Report of Her- Majesh's Iizspectors of Explosi\.es for- 1970, Her Majesty's Stationery Office, London, 1971.
4. E. E. Marshall, et al., The Clzeinical Engirzeei; No. 365, Feb. 1981, p. 66.
5. T. A. Kletz, Learning fr-onz Acciderits, 2nd edition, Butterworth- Heinemann. Oxford, UK, 1994, Chapter 11.
6. T. A. Kletz, Ail Eiigineer 's View of Hiinzari Erroi; 2nd edition, Institution of Chemical Engineers, Rugby, UK, 199 l.
7. Lockoiitflagout Pi-ogranzs, Safety Notice No. DOEEH-0540, Office of Nuclear and Facility Safety, U.S. Dept. of Energy. Washington. D.C.. 1996.
8. HealrJi and Safeh af Work, Nov. 1991, p. 10.
9. Report on rhe Accident with the Linear Accelerator- ar the Univei-si & Cliiiicnl Hospitai' of Zaragoza in December 1990, Translation No.
10-11401 (8498e/813e), International Atomic Energy Agency. 1991.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل چهارم

برچسب گذاری

به دلیل برچسب‌گذاری صحیح دستگاه‌ها حوادث زیادی رخ داده است. در مبحث شناسایی دستگاه‌های تحت تعمیر به برخی از این حوادث اشاره شده است (بخش 2-1).

بازرسی دستگاه‌ها به منظور اطمینان از برچسب‌گذاری صحیح آنها کار بسیار طاقت‌فرسائی است و انجام اینکار مجالی برای بکارگیری مهارت‌های فنی و ذهنی باقی نمی‌گذارد. با این وجود، وارسی دستگاه‌ها مانند کارهایی که به صبر و حوصله بیشتری نیاز دارند، اهمیت دارد. یکی از مشخصات یک مدیر، سرکارگر، اپراتور و یا طراح شایسته این است که به چنین کارهای خسته‌کننده‌ای به چشم کارهای تفریحی نگاه نمایند. اگر می‌خواهید راجع به گروه کاری قضاوت نمایید به برچسب‌هایی که توسط آنها گذاشته شده و نیز به مشکلات فنی که توسط آن‌ها حل گردیده است.

4-1: برچسب‌گذاری تعمیرات

الف) نشتی‌های جزئی منواکسیدکربن از واشرهای یک کمپرسور توسط هواکشی جمع شده و به خارج از ساختمان ارسال می‌گردید. شخصی که در مجاورت این کمپرسور مشغول به کار بود، تحت تأثیر مونواکسید کربن قرار گرفت. بعدها معلوم گردید که دریچه‌ی تنظیم‌کننده‌ی جریان هوا (Damper) در خط تخلیه‌ی هواکش بسته بوده است. هیچ برچسب و نشانه‌ای وجود نداشت تا باز و بسته بودن این دریچه را نشان دهد. در یک حادثه‌ی مشابه، دریچه‌ی تنظیم کننده‌ی هوای کوره اشتباهاً بسته گردید. این دریچه به طور نیوماتیکی کار می‌کرد. روی دکمه‌ی کنترل علامتی دال بر باز و بسته بودن وجود نداشت.

ب) در بسیاری از مواقع معلوم گردید که برچسب‌های روی فیوز و کلید قطع‌کننده با برچسب‌های روی دستگاه‌هایی که مجهز به آنها هستند، مطابقتی با یکدیگر ندارند. از این‌رو فیوزهای نامناسب را برداشتند.

اغلب موارد مکان‌های نمونه‌برداری برچسب ندارند. در نتیجه اشتباهاً ماده‌ی دیگری به جای ماده‌ی مورد نظر نمونه برداری شده است. چنین اشتباهاتی معمولاً پس از حصول نتایج آنالیز آشکار می‌شوند. اما برخی اوقات این اشتباهات خطر آفرین نیز هستند. مثلاً کارگر تازه استخدامی به جای مایعی با نقطه‌ی جوش بالا از بوتان نمونه‌برداری کرد. نمونه در یک یخچال قرار داده شده و تولید بخار نمود. ولی خوشبختانه بخار مشتعل نگردید.

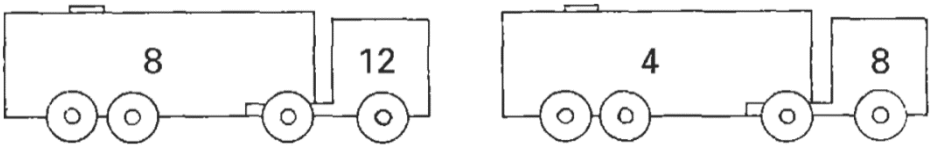
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

ت) اغلب اوقات خطوط سرویس فاقد برچسب هستند. از مکانیکی خواسته شد تا منبع بخاری را با فشار مانومتری 200 Psi (13 بار) جهت رفع گرفتگی به خط فرایند نصب کند. این مکانیک اشتباهاً منبع بخاری را با فشار مانومتری 40 Psi (3 بار) نصب نمود. هیچکدام از منابع برچسب نداشته و به شیر یک‌طرفه هم مجهز نبودند. ماده‌ی فرایندی به داخل خط تغذیه بخار برگشت نمود.

مدتی بعد، از منبع بخار مزبور برای پخش نمودن یک نشتی جزئی استفاده گردید. ناگهان بخار آتش گرفت. استفاده از رابط‌ها با انواع گوناگون روی هر یک از تجهیزات سرویس‌دهی اقدامی به جا و صحیح می‌باشد.

ث) در یک ایستگاه انتقال موارد دو تانکر مجاور یکدیگر قرار گرفته و تانکرهای مانند شکل (1-4) برچسب‌گذاری شده بودند. متصدی دستگاه پرکننده به راننده گفت که شماره‌ی 8 آماده است. منظور او این بود که مخزن شماره 8 آماده است. ولی راننده تصور نمود که مخزن متصل به کابین راننده شماره 8 آماده گردیده است. او سوار کابین راننده‌ی شماره 8 گشت و حرکت نمود درحالیکه مخزن شماره 4 هنوز در حال پرشدن بود. خوشبختانه تانکر به دستگاهی مجهز بود که از حرکت آن به هنگام اتصال شیلنگ انتقال دهنده مواد جلوگیری می‌نمود و راننده فقط توانست چند متر حرکت نماید.

تا حد امکان سعی نمایید برای تانکرها و کابین‌های راننده از اعداد کاملاً متفاوتی برای مشخص نمودن آنها استفاده نمایید.



شکل 1-3: ترتیب قرار گرفتن تریلرها و تراکتورها

نیتروژن در مخازن متحرکی پر شده که از آن برای حمل اکسیژن نیز استفاده می‌گشته است. قبل از پرنمودن مخازن متحرک با اکسیژن، تخته‌های لوله‌دار متصل به هر دو طرف آنها تا شده بود به طوریکه به جای نیتروژن اکسیژن خوانده می‌شدند.

به تانکری اتصالات مخصوص نیتروژن وصل شده و روی آن برچسب نیتروژن خورده بود. احتمالاً یکی از این تخته‌ها در اثر لغزش پایین افتاده و همین باعث گردید که بر چسب، اکسیژن خوانده شود. پرسنل ایستگاه، اتصالات را تغییر دادند و به جای آن از اتصالات اکسیژن استفاده نمودند. مدتی بعد تانکرها از مخزنی که در طرف دیگر آن برچسب نیتروژن به چشم می‌خورد نیتروژن گرفته و به متقاضی نیتروژن، تحویل دادند. مشتری به تصور اینکه نیتروژن دریافت نموده، به تخلیه اکسیژن به داخل واحد خود پرداخت (شکل 2-4).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شکل 2-4: ترتیب قرار گرفتن برچسب بر روی تانکر. برچسب نیتروژن در اثر لرزش، پایین افتاده و همین باعث گردید که برچسب مزبور اکسیژن خوانده شود.

زمانی که او به اعداد روی دستگاه توزین خود نگاهی انداخت، متوجه گردید که در هنگام ورود، تانکر سه تن بیشتر از حد معمول وزن داشته است. با انجام یک بررسی نشان داده شد که سیستم نیتروژن واحد محتوی 30 درصد اکسیژن شده است. قبل از تخلیه، کلیه‌ی تانکرهای نیتروژن را چک نمایید (رجوع شود به بخش 4-3-12).

4-2: برچسب‌گذاری دستگاه‌های ابزار دقیق

الف) معمولاً فشار گازها و مایعات موجود در یک واحد توسط یک سیگنال نیوماتیکی از واحد به اتاق کنترل انتقال می‌یابد. این سیگنال نیوماتیکی که درون المنت حساس در مقابل فشار ایجاد می‌شود، معمولاً دارای فشار مانومتری بین 3 الی 15 Psi (0/5 الی 1 بار) می‌باشد و فشار واحد از صفر تا حداکثر را در بر می‌گیرد. مثلاً فشار مانومتری بین 3 الی 15 Psi می‌تواند معادل با فشار صفر الی 1200 Psi (صفر الی 80 بار) در واحد باشد.

مانومتر دریافت‌کننده در اتاق کنترل بر اساس فشار نیوماتیکی انتقال یافته کار می‌کند که حداکثر فشار 15 Psi را نشان می‌دهد ولی بر اساس فشار واحد کالیبره شده است. لوله‌ی Bourdon چنین مانومتری می‌تواند فقط مقدار کمی فشار بالاتر از 15 Psi را تحمل نماید و در فشار بالاتر از این میزان می‌ترکد. به علاوه ماده‌ی داخل لوله‌ی Bourdon برا هوا انتخاب شده و ممکن است برای اندازه‌گیری مستقیم فشار ماده‌ی سیال فرایند نامناسب باشد.

مانومتری از این نوع که برای اندازه‌گیری 1200 Psi درجه‌بندی شده بود مستقیماً در واحد نصب گردید، فشار مانومتری واحد 800 Psi بوده و به همین دلیل مانومتر آسیب دید.

این مانومترها بایستی از حداکثر فشار کار مطمئن برخوردار بوده و این فشار باید با حروف قرمز رنگ روی صفحه‌ی آن مشخص گردد.

ب) کارگری که با یک پمپ هیدرولیکی دستی در حال آزمایش فشار چند لوله بود، به سرکارگر خویش گفت که قادر به رساندن فشار به بالای 200 Psi نیست. سرکارگر به او گفت تا با شدت بیشتری پمپ نماید. او بدین کارت مبادرت نموده و خط لوله منفجر گردید. مانومتری که او استفاده می‌نمود، بر حسب اتمسفر کالیبره شده بود نه Psi. کلمه‌ی (ats) با حروف کوچک نوشته شده بود و در هر حال کارگر معنای آن را نمی‌دانست.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

اگر برای اندازه‌گیری فشار یا هر فاکتور دیگری بیشتر از یک نوع واحد مورد استفاده قرار گیرد، واحد مورد استفاده، واحد مورد استفاده بایستی با حروف واضح و بزرگ روی دستگاه‌های ابزار دقیق مشخص شود. شما ممکن است از رنگ‌های متفاوتی برای واحدهای مختلف استفاده نمایید. هرکس بایستی از تفاوت بین واحدها مطلع باشد. در هر حال بهتر است که واحدهای مختلف به کار برده نشوند.

پ) یک مورد استثنایی در ارتباط با اشتباه گرفتن واحدها در مورد دستگاهی رخ داد که در اروپا برای یک مشتری انگلیسی ساخته شده بود. از سازندگان مزبور درخواست گردید تا دماها را به فارنهایت اندازه‌گیری نمایند و به آنان روش تبدیل سانتی‌گراد به فارنهایت نیز ابلاغ گردید.

دریچه‌ی تنظیم‌کننده‌ی جریان سیال توسط اهرمی کار می‌کرد که موقعیت آن به کمک یک مقیاس درجه بندی شده با درجات قوسی نشان داده می‌شد. این درجات به فارنهایت تبدیل شده بودند.

ت) به اپراتوری گفته شد تا دمای راکتوری را روی 60 درجه‌ی سانتی‌گراد کنترل نماید. او تنظیم کنترل دما را روی 60 درجه قرار داد. در واقع درجه بندی صفر تا 100 درصد از محدوده‌ی دمایی صفر تا 200 درجه‌ی سانتی‌گراد را نشان می‌داد. بنابراین نقطه‌ی تنظیم‌کننده در واقع روی 120 درجه‌ی سانتی‌گراد تنظیم گردید. این مسئله باعث ایجاد یک واکنش غیرقابل کنترل گردیده و افزایش فشار مخزن را موجب شد. مایع از مخزن خارج شده و اپراتور را به شدت مجروح ساخت[2].

ث) خطاهای حین تست که در نتیجه‌ی برچسب‌گذاری نادرست احتمال بروز آنها بیشتر می‌شود در بخش 4-2-3 توضیح داده شده‌اند.

ج) با اینکه دستگاه‌های ابزار دقیق دیجیتالی مزایای زیادی دارند ولی برخی از اوقات وسائل آنالوگ، اندازه‌ها را بهتر نشان می‌دهند. یکی از موارد خام برای یک واکنش Batch بایستی وزن باشد. برای این‌کار مسئولین پروژه یک ترازو با صفحه‌ی دیجیتالی در نظر گرفته بودند. ولی یک اپراتور مجرب یک ترازو با صفحه‌ی مدرج را به جای آن خواست زیرا به اعتقاد وی امکان اشتباه در خواندن یک عدد روی دستگاه دیجیتال در مقایسه با تشخیص موقعیت عقربه صفحه‌ی مدرج یک دستگاه اندازه‌گیری آنالوگ به مراتب بیشتر بوده است.

4-3: برچسب‌گذاری مواد شیمیایی

4-3-1: برچسب‌های نادرست و غفلت در برچسب زدن

در بخش 8-2 (الف) حادثه‌ای مورد بحث قرار گرفته است. به دلیل عدم برچسب‌گذاری بطری‌ها و درام‌ها، حوادث زیادی رخ داده است و افراد تصور نمودند که این بطری‌ها و درام‌ها حاوی موادی هستند که معمولاً در واحد مزبور مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در یک مورد، شش دارم Hypo (هیپوکلریت سدیم) باید به مخزن آبی اضافه می‌گشت. برخی از این درام‌ها فاقد برچسب بودند. یکی از آنها که محتوی اسید سولفوریک بود، پس از آزاد شدن مقداری کلرین و هیپوی خالص از آن به مخزن اضافه گردید. شخصی که مشغول اضافه نمودن هیپو بود، در اثر بخارات حاصله دچار آسیب‌دیدگی شدیدی گشت.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در حادثه‌ای دیگر درامی که برچسب نداشت، بوی متیل اتیل کتون[1] می‌داد و با فرض اینکه درام محتوی متیل کتون است به عنوان خوراک واحد مورد استفاده قرار گرفت. در حقیقت درام مزبور حاوی اتانول و کمی متیل کتون بود. خوشبختانه تنها Batch در این حادثه تخریب گردید.

در واحدی منو نیترو اکسیلن[2] از نیتراسیون اکسیلن ساخته می‌گردید. اپراتوری به منظور کامل نمودن یک سری Batch به مقدار اکسیلن نیاز داشت. او در قسمت دیگر واحد مخزنی یافت که برچسب زایلن خورده بود. بنابراین مقداری از زایلن را به داخل درام‌ها و سپس به داخل راکتورها ریخت. واکنش شدیدی رخ داده و دیسک محافظ منفجر گردید. در نتیجه نزدیک به 600 گالون اسید از راه لوله‌ی تخلیه‌ی گاز در هوا پخش گردید و عابرین و محصلین آسیب دیده و به کمک‌های اولیه نیاز پیدا کردند. مخزن مزبور به مدت هشت ماه محتوی اسید بوده و با وجود تقاضای بخش مهندسی برچسب آن تغییر نکرده بود. (توجه: اگر لوله‌ی تخلیه‌ی اسید به جای هوای آزاد به داخل یک catch pot تخلیه می‌گشت، عواقب این رخداد جزئی بود)[2].

می‌بایست مقداری اسید نیتریک از آمریکا به انگلستان حمل می‌گردید و جریان کار تعداد زیادی از مقررات آمریکا نقص گشت. اسید به جای بطری‌های فلزی در بطری‌های شیشه‌ای ریخته شده بود و به جای اینکه اطراف آنها را به مواد غیر قابل اشتعال پر نمایند، با خاک اره پوشانده بودند و نیز جعبه‌های محتوی بطری فاقد برچسب خطرناک بوده و روی آن نوشته شده بود که «این پهلو باید به سمت بالا باشد». بنابراین جعبه‌ها را به پهلو در هواپیمای باری قرار داده و بطری‌ها شروع به نشت کردند. دود، مابین خلبان را فرا گرفته و خدمه‌ی پرواز در صدد فرود بر آمدند اما هواپیما احتمالاً به دلیل دید ضعیف ناشی از پراکندگی دود در فضا در حین فرود سقوط نموده و خدمه‌ی آن کشته شدند. هیچگاه بعد از آن حادثه مشخص نگردید که چرا یک ماده‌ی متداول تجاری می‌بایستی از فراز اقیانوس اطلس حمل می‌گردید[3].

4-3-2: به اشتباه گرفتن نام‌های مشابه

تعداد زیادی از حوادث به دلیل اشتباه گرفتن نام‌های مشابه رخ داده است. از موارد معروف می‌توان به حادثه‌ی Nutrimaster (یک افزودنی خوراکی برای دام) و Fire master (ماده‌ی کاهش دهنده‌ی آتش‌زائی) اشاره نمود. هر دو ماده در کیسه‌های مشابهی عرضه شدند. کیسه‌ی محتوی Fire master که به جای Nutrimaster تحویل داده شده بود، به خوراک دام افزوده شد و موجب شیوع یک بیماری در بین دام‌های مزرعه گردید.

در حادثه‌ای دیگر یک تولیدکننده‌ی خوراک دام از یک شرکت هلندی یک افزودنی حاوی نشاسته خریداری نمود تا همراه با یک جایگزین شیر[3] به گوساله‌ها داده شود. افزودنی مزبور در انبار شرکت هلندی موجود نبود، بنابراین آن شرکت از یک شرکت تابعه انگلستان درخواست نمود تا این افزودنی خوراکی را برای خریدار تهیه نماید. آنان شماره‌ی محصول را به شرکت مزبور اعلام نمودند. متأسفانه این

[1] Methyl ethyl ketone
[2] Mono nitro o xylene
[3] دام‌پروری یا پرورش گاوهای شیری، هر خوراک مخلوطی که به عنوان جایگزین شیر به گوساله‌ها یا خوکچه‌ها تغذیه می‌شود.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شرکت انگلیسی، از این شماره برای تعریف یک افزودنی متفاوت و بسیار سمی استفاده می‌کرد. با مصرف افزودنی مزبور ششصد و هشت هزار رأس گوساله مسموم شده و چهار هزار و ششصد رأس از آنها کشته شدند. مواد شیمیایی و دستگاه‌ها بایستی با ذکر نام سفارش شوند و نباید به شماره کاتالوگ آنها اکتفا نمود[5].

سایر مواد شیمیایی که به صورت اشتباه مورد استفاده قرار گرفته و منجر به بروز حادثه با جراحت گردیده‌اند، عبارتند از:

1- سود رختشویی (کربنات سدیم) و سود سوزآور (هیدروکسید سدیم)
2- نیتریت سدیم و نیترات سدیم
3- هیدروسولفید سدیم و سولفید سدیم
4- یخ و یخ خشک (دی اکسید کربن جامد)
5- هیپوی مورد استفاده در عکاسی (محلول تیوسولفات سدیم) و هیپوی معمولی (محلول هیپوکلریت سدیم)

در آخرین مورد، هیپوی مورد استفاده در عکاسی به مخزنی که محتوی نوع دیگری از هیپو بود، اضافه گردید. دو نوع هیپوی مزبور با یکدیگر واکنش داده و تولید بخار کردند.

4-4: برداشت غلط از برچسب‌ها

نهایت امر، در صورت عدم برداشت صحیح از برچسب‌ها، بهترین آنها نیز بلااستفاده خواهد بود.

الف) کلمه‌ی Stops[1] (ضایعات نفت) در بین افراد مختلف معانی متفاوتی دارد. تانکری از یک پالایشگاه، ضایعات نفت جمع آوری نمود. راننده متوجه نگردید که این مواد قابل اشتعال می‌باشند. از این رو احتیاط لازم را به عمل نیاورده و ضایعات نفتی آتش گرفتند. او فکر کرده بود که این ضایعات نفتی، آب آلوده هستند.

ب) پیمانکاری حین تخریب یک مخزن قدیمی به ماسک اکسیژن نیاز داشت. او چند سیلندر محتوی اکسیژن هوای فشرده، به رنگ خاکستری تهیه نمود. پیمانکار متوجه گردید که تعداد سیلندرهای موجود کافی نمی‌باشند، به همین دلیل کامیونی را جهت گرفتن یک سیلندر دیگر فرستاد. راننده با یک سیلندر سیاه رنگ بازگشت. هیچ‌یک از افراد مسئول از جمله خود فرد مسئول ماسک اکسیژن، متوجه این تغییر رنگ نگردیدند و یا در صورت توجه، اهمیتی به این موضوع ندادند. هنگامی که سیلندر جدید مورد استفاده قرار گرفت، ماسک حافظ صورت جوشکار آتش گرفت. خوشبختانه او فوراً ماسک را از روی صورت خود برداشته و در نتیجه آسیبی ندید. سیلندر سیاه محتوی اکسیژن بود. کلیه‌ی پرسنل مسئول کار با سیلندرها و به ویژه افرادی که مسئول ماسک اکسیژن هستند، بایستی با رنگ‌هایی که مشخص کننده‌ی ماده‌ی داخل سیلندرها هستند آشنایی کامل حاصل نمایند.

---

[1] تانکری که در پالایشگاه به کار می‌رود و به تەمانده‌های (ضایعات) نفت که برای قابل عرضه شدن به بازار باید باز هم تحت فرایند گیرند اطلاق می‌شود و به Stop oil هم شناخته می شود (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

Refrence:

1. T. A. Kletz, Loss Preventiorz, Vol. 10, 1976, p. 151.

2. R. Fritz, Safety Managenzent (South Africa), Jan. 1982. p. 27.

3. J. Egginton, Bitter- Haniest, Secker and Warburg, London, 1980.

4. Health and Safeh at Work, Vol. 8, No. 12, Dec. 1986, p. 8: and Vol.

5. J. D. Lewis, Hazardous Cargo Bulletin, Feb. 1985, p. 44.

6. Risk arid Loss Marzagernent, Vol. 2, No. I, Jan. 1985, p. 2 1.

7. Atom, No. 400, Feb. 1990, p. 38.

8. Bulletin 3/96, Air Accident Investigation Branch, Defence Research

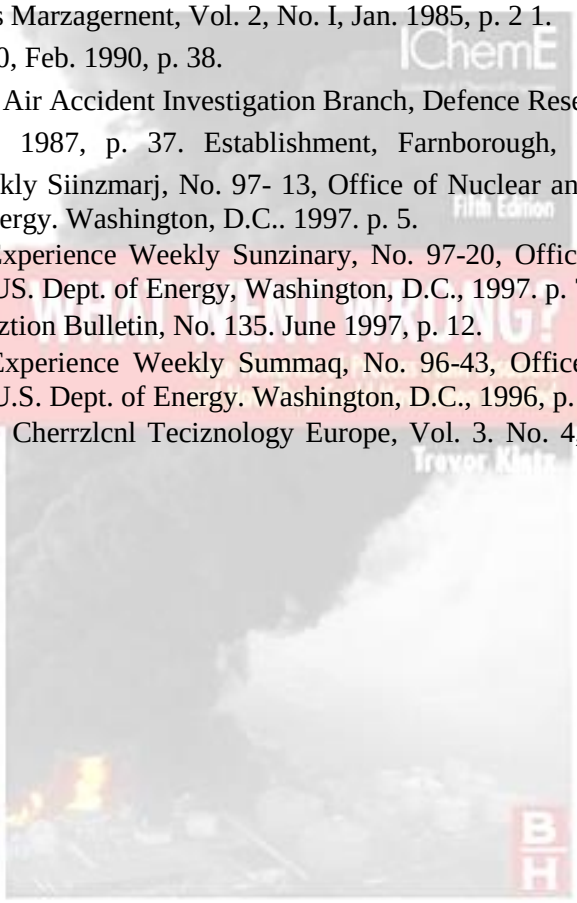
9. No. 4, Apr. 1987, p. 37. Establishment, Farnborough, UK.9. Operating Experience Weekly Siinzmarj, No. 97- 13, Office of Nuclear and Facility Safety. U.S. Dept. of Energy. Washington, D.C.. 1997. p. 5.

10. Operating Experience Weekly Sunzinary, No. 97-20, Office of Nuclear and Facility Safety. US. Dept. of Energy, Washington, D.C., 1997. p. 7.

11. Loss Pi-everztion Bulletin, No. 135. June 1997, p. 12.

12. Opemting Experience Weekly Summaq, No. 96-43, Office of Nuclear and Facility Safety, U.S. Dept. of Energy. Washington, D.C., 1996, p. 2,

13. C. Whetton, Cherrzlcnl Teciznology Europe, Vol. 3. No. 4, July/Aug. 1996, p.17.



http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل پنجم

مخازن ذخیره‌سازی

هیچ دستگاهی بیش از مخازن ذخیره‌سازی[1] دچار حادثه نمی‌شود، زیرا بسیار شکننده و در اثر افزایش جزئی یا خلاء به آسانی خسارت می‌بینند. خوشبختانه اکثر حوادث مربوط به مخازن خسارت جانی به دنبال ندارند. ولی اینگونه حوادث موجب خسارت مالی، اتلاف مواد و ایجاد وقفه در امر تولید می‌شوند.

5-1: لبریز شدن

بیشتر موارد لبریز شدن در نتیجه‌ی عدم توجه، تنظیم اشتباه شیرها و خطاهای موجود در ترازنما[2] و غیره رخ می‌دهد. به بخش 1-3-3 (ت) مراجعه نمایید. به همین دلیل بسیاری از کمپانی‌ها مخازن ذخیره را به آلارم‌هایی[3] که هنگام بالا آمدن سطح فوراً به صدا در می‌آیند، تجهیز می‌کنند. با این همه باز هم مخازن لبریز شده‌اند، زیرا آلارم‌ها مرتباً آزمایش نشده یا هشدارها نادیده گرفته شده‌اند. به بخش 2-3-3 (الف) مراجعه نمایید.

نیاز یا عدم نیاز به اینگونه آلارم‌ها، به سرعت پرشدن و اندازه‌ی batch هایی بستگی دارد که به مخزن دریافت‌کننده انتقال داده می‌شوند، اگر batch ها بیش از اندازه بزرگ باشند، طوریکه باعث لبریز شدن مخزن گردند، نصب یک آلارم اعلام‌کننده‌ی افزایش سطح ضروری است. مواد تراوش یافته به بیرون بایستی در ناودان‌های اطراف مخازن نگهداری شوند. اما در اغلب موارد شیرهای تخلیه روی ناودان‌ها که به منظور تخلیه‌ی آب باران نصب گردیده‌اند، باز گذاشته شده‌اند و به همین دلیل مواد به بیرون از مخزن تراوش کرده است. به بخش 2-5-5 (پ) مراجعه نمایید.

معمولاً شیرهای تخلیه بایستی بسته باشند. به علاوه این شیرها بایستی هر هفته بازرسی گردند. تا از بسته بودن آنها اطمینان حال نمود.

5-1-1: کلیدهای قطع‌کننده و آلارم‌ها می‌توانند احتمال لبریز شدن را افزایش دهند

در صورتی که به محدودیت‌های یک آلارم (اعلام‌کننده‌ی افزایش سطح) مجهز به کلید قطع‌کننده پی برده نشود، عملاً دفعات لبریز شدن می‌تواند افزایش یابد.

در یک واحد، هر روز مخزنی برای روز بعد به مقدار کافی از ماده‌ی خام پر می‌گشت. یک اپراتور مراقب سطح بوده است. هنگامی که مخزن پر می‌گشت، او پمپ تغذیه کننده را خاموش کرده و شیر ورودی را می‌بست. پس از چند سال، لاجرم روزی اپراتور حواس خود را به مسائل دیگر معطوف ساخته و

[1] Storage tanks
[2] Level indicator
[3] High level alarm

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

مخزن سر رفت. از این‌رو مخزن را به کلید قطع کننده‌ای مجهز نمودند تا هنگام افزایش سطح به کار افتاده و پمپ تغذیه‌کننده را به طور اتوماتیک خاموش نماید. تعجب‌آور این بود که مخزن مجدداً یک سال بعد لبریز شده بود.

فرض بر این بود که اپراتور همچنان مراقب سطح است و زمانی که وی در انجام آن کوتاهی می‌کرد، کلید قطع‌کننده وارد عمل می‌گردد. احتمال خرابی کلید قطع‌کننده به طور همزمان حداقل بوده است. با این وجود، حالا که اپراتور به کلید قطع‌کننده دسترسی داشت، دیگر توجهی به سطح نمی‌کرد. مدیر می‌دانست که او این کار را انجام نداده است. اما به این نتیجه رسید که کلید قطع کننده به اپراتور برای انجام سایر کارهایش فرصت بیشتری می‌دهد. برای چنین دستگاهی، کلید قطع‌کننده معمولاً هر دو سال یکبار خراب می‌گشت که طبیعی بوده است.

بدین ترتیب می‌بینیم که در این حالت یک کلید که قابلیت اعتماد کمتری دارد جایگزین یک اپراتور قابل اعتماد شده است.

اگر وقوع سرریزی در هر 5 سال یکبار قابل پذیرفتن نباشد، داشتن دو وسیله‌ی حفاظتی، یک کلید قطع‌کننده (یا آلارم) که مانند یک کنترل‌کننده‌ی فرایند عمل نماید و یک کلید دیگر که هنگام از کار افتادن کنترل کننده وارد عمل می‌شود الزامی است. هنگامی که به یک کلید قطع‌کننده یا به یک آلارم مجهز هستیم، واقع‌گرایانه نیست که از یک اپراتور انتظار داشته باشیم مراقب سطح باشد. به بخش 1-14 (الف) مراجعه نمایید.

5-1-2: لبریز شدن به دلیل عدم اطلاع از کار دستگاه‌های کنترل

بیشتر از یک مورد، مخازن به دلیل آنکه مایعی با وزن مخصوص پایین‌تر جایگزین محتویات آنها گردیده، لبریز شده‌اند. اپراتورها متوجه نشده بودند که ترازنما وزن را اندازه‌گیری می‌کند نه حجم را. برای مثال در یک واحد، مخزنی که محتوی بنزین بود (با وزن مخصوص 0/81) برای ذخیره‌سازی پنتان به بکار برده شد (با وزن مخصوص 0/69). هنگامی که ترازنما نشان داد که فقط 85 درصد از مخزن پر شده است، مخزن لبریز گشت. ترازنما یک Dell CP بود که را اندازه‌گیری وزن را انجام می‌داد.

در بخش 2-8 (ب) حادثه‌ی دیگری توضیح داده شده است. اگر ترازنما وزن را اندازه‌گیری نماید، نصب آلارمی که هنگام افزایش سطح به صدا در آمده باشد و حجم را اندازه گیری نماید، اقدام خوب و مناسبی خواهد بود.

5-1-3: لبریز شدن به وسیله‌ی نیروی جاذبه

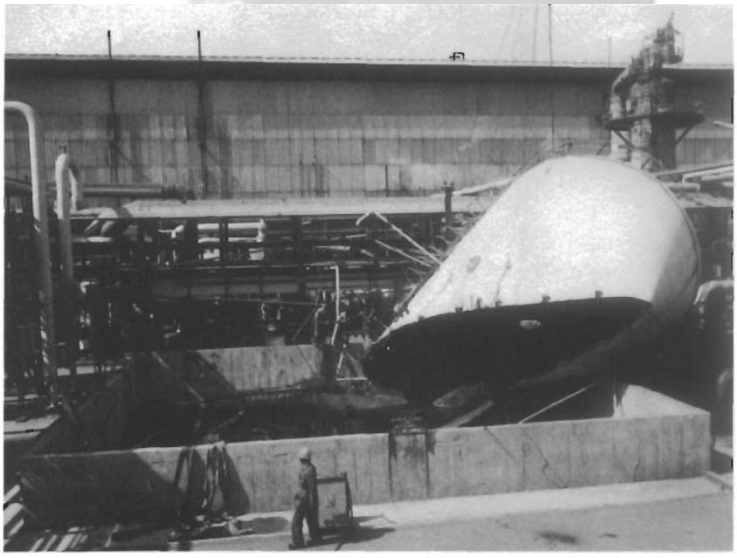
بعضی اوقات مایع توسط نیروی جاذبه از یک مخزن به مخزن دیگر انتقال داده می‌شود. هنگام ریختن مایع از یک مخزن بلند به مخزن با ارتفاع پایین‌تر، سرریزی به وقوع پیوسته است. در یک مورد وقتی مایع از یک مخزن به مخزن دیگری با همان ارتفاع واقع در چند صد متری مخزن اول انتقال داده شد، سرریزی رخ داد. اپراتورها تحت هیچ شرایطی متوجه نگردیدند که وجود یک شیب ملایم بر روی زمین برای سرفتن مخزن کوتاه‌تر کافی بوده است.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

5-2: افزایش بیش از حد فشار

اکثر مخازن ذخیره‌سازی فقط برای تحمل فشار مانومتری برابر 8 اینچ آب طراحی می‌شوند (0/3 Psi یا 2 کیلوپاسکال) و اگر فشار حدوداً سه برابر این مقدار باشد، منفجر خواهد گردید. بدین ترتیب مخازن به سهولت خراب می‌شوند. بیشتر مخازن ذخیره‌سازی (نه همه‌ی آنها) طوری طراحی شده‌اند که از ناحیه‌ی جوش دیواره یا سقف شکاف برمی‌دارند. به طوریکه از تراوش مواد به بیرون جلوگیری به عمل آید.

مخازنی که برای خراب شدن از ناحیه جوش سقف یا دیواره طراحی شده‌اند به دلیل خورده شدن جوش ناحیه پایه یا دیواره و یا به دلیل نبودن پیچ‌های نگهدارنده از ناحیه جوش پایه یا دیواره آسیب دیده‌اند (شکل 1-5).



شکل 1-5: خوردگی و تضعیف پیچ‌های نگهدارنده باعث گردید تا مخزن به جای قسمت بالا از ناحیه پایه آسیب ببینند.

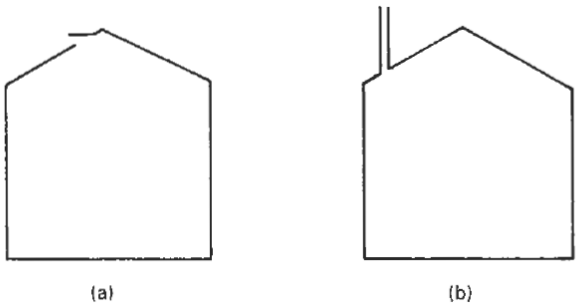
5-2-1: ایجاد فشار زیاد توسط مایع

فرض کنید که یک مخزن برای پر شدن از مایعی با سرعتی برابر با x متر مکعب در ساعت طراحی شده است. بسیاری از مخازن به ویژه آنهایی که چندسال قبل ساخته شده‌اند، به لوله‌ی تخلیه‌ای مجهز هستند که برای عبور X متر مکعب در ساعت نه هوا (نه X متر مکعب در ساعت مایع) به قدر کافی بزرگ می‌باشد. اگر مخزن لبریز گردد، فشار پمپ تغذیه‌کننده مطمئناً برای خراب شدن مخزن به اندازه‌ی کافی زیاد خواهد بود. اگر لوله‌ی تخلیه‌ی مخزنی برای عبور مقدار مایع ورودی به قدر کافی بزرگ نباشد، مخزن بایستی به درپوش دریچه‌ی آدم روی لولادار یا هر دو دستگاه مشابه دیگر برای جلوگیری از لبریزی مجهز شود. در این رابطه دستگاه‌های اختصاصی برای استفاده موجود هستند.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

دستگاه جلوگیری‌کننده از سرریزی بایستی به بام مجاور دیواره نصب شود. اگر این دستگاه نزدیک به مرکز بام نصب شود، ممکن است ارتفاع مایع در بالای دیواره‌ها از 8 اینچ تجاوز کرده و مخزن، تحت فشار زیادی قرار گیرد. به شکل 2-5 (الف) توجه نمایید.

به طریق مشابه اگر لوله‌ی تخلیه برای عبور دادن مایع طراحی شده باشد، بایستی آن‌را نزدیک لبه‌ی بام نصب نمود و بالای آن نبایست بیشتر از هشت اینچ بالاتر از دیواره‌ها قرار گیرد.



شکل 2-5: در صورتی که لوله‌ی تخلیه‌ی گاز با لوله‌های سرریزی بیش از هشت اینچ بالای دیواره‌ها باشند مخزن ممکن است تحت فشار زیادی قرار گیرد.

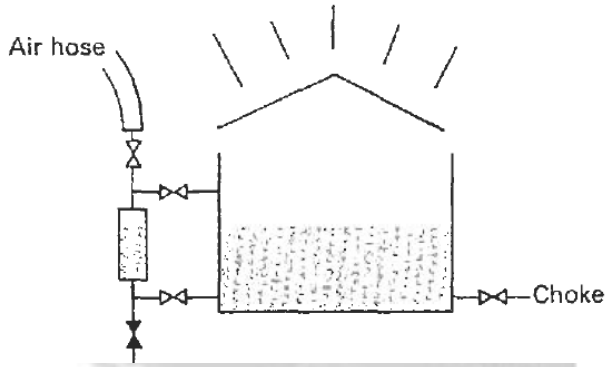
به دلیل خیلی بلند بودن لوله‌های تخلیه، فشار بسیار زیادی به مخازن وارد شده است. به شکل 2-5 (ب) مراجعه نمایید. مخازنی که ممکن است در آنها هیدروژن تولید شود بایستی مانند دستگاه‌های جلوگیری‌کننده از سرریزی به شیر تخلیه‌ای مجهز باشند که در بالاترین نقطه نصب شده باشند (به بخش 2-16 مراجعه نمایید).

5-2-2: ایجاد فشار بیش از حد توسط گاز

این مسئله معمولاً به این دلیل روی داده است که افراد درگیر با کار نمی‌دانستند که مخازن برای تحمل فشار هوای فشرده‌ی وارد شده به آنها کاملاً ناتوان بوده و ممکن است لوله‌ی تخلیه برای عبور مقدار گاز ورودی بسیار کوچک باشد، چنانچه دو حادثه زیر بیانگر این مسئله می‌باشد:

الف) خط خروجی مخزن کوچکی مسدود شده بود. جهت بر طرف نمودن این گرفتگی، اپراتور شیلنگ هوای فشرده را روبروی انتهای باز بالای پنجره‌ی ترازسنج قرار داد. فشار مانومتر هوای فشرده 100 Psi (7 بار) بود و سقف بالایی مخزن از جا کنده شد (شکل 3-5).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 3-5: سقف مخزن توسط هوای فشرده به سمت بیرون پرتاب گردید.

ب) مخزن قدیمی ایکه (vessel) قرار بود به عنوان یک مخزن ذخیره‌سازی فشار پایین به کار رود، توسط پیمانکاری که قصد داشت، تست فشار بر روی آن انجام دهد، در محل جدیدی نصب گردید. او نتوانست شیلنگ آبی که رابط شیلنگ مخزن سازگار باشد، پیدا نماید. از این‌رو تصمیم گرفت از هوای فشرده استفاده نماید و در نتیجه مخزن منفجر گردید.

در بخش 2-2 (الف) حادثه‌ای دیگری که بر اثر آن مخزن ذخیره‌سازی توسط هوای فشرده منفجر گردیده تشریح شده است.

پ) در سایر موارد، مخازن به دلیل خرابی کنترل‌کننده‌ی سطح و در نتیجه‌ی ورود جریان گاز به داخل مخزن منفجر گشتند (شکل 4-5).

در مرجع شماره‌ی 1 اقدامات احتیاطی لازم جهت جلوگیری از وقوع چنین حوادثی به تفصیل تجزیه و تحلیل شده است.

5-3: مکیده شده به داخل

این عامل تا کنون رایج‌ترین علت برای آسیب دیدن مخازن بوده است. مخازن به طریق مختلفی به داخل مکیده می‌شوند. برخی از آنها در زیر آمده است. گاهی به نظر می‌رسد، اپراتورها در ابداع راه‌های جدیدی برای به داخل مکیده شدن مخازن ابتکار زیادی به خرج می‌دهند!

بسیاری از حوادث به این دلیل روی داده که اپراتورها از میزان شکننده بودن مخازن بی‌اطلاع بوده‌اند. این مخازن به آسانی می‌توانند تحت فشار زیادی گیرند ولی خیلی راحت‌تر به داخل مکیده می‌شوند. در حالیکه بیشتر مخازن برای تحمل فشار مانومتری 8 اینچ آب طراحی می‌شوند (0/3 Psi یا 2کیلوپاسکال)، میزان خلاء قابل تحمل برای آنها تنها 2/5 اینچ آب در نظر گرفته می‌شود (0/1 Psi یا 0/6 کیلوپاسکال). این مقدار فشار، معادل فشار هیدرواستاتیک[1] در ته یک فنجان چای است. برخی حوادث به این علت روی داده‌اند که اپراتورها طرز کار خلاء را درک ننموده‌اند. برای مثال به حوادثی که قبلاً در بخش های 3-3-3 (پ) و 4-3-3 (ب) توضیح داده شده، مراجعه نمایید.

[1] فشار مایع ساکن برابر با عمق آن تقسیم بر درجه‌ی غلظت با چگالی‌اش (مترجم)

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در زیر برخی از راه‌های به درون مکیده شدن مخازن آورده شده است. در بعضی موارد لوله‌ی تخلیه‌ی گاز بدون استفاده باقی مانده و در مواردی دیگر لوله‌ی تخلیه‌ی بسیار کوچک بوده است.

الف) سه لوله‌ی تخلیه گاز به سه شیر شعله‌گیر پاک نشده، مجهز بوده‌اند. پس از گذشت دو سال لوله‌های مزبور مسدود گردیدند. شعله‌گیرها می‌بایست طبق یک برنامه‌ی منظم تمیز می‌شدند (هر شش ماه یکبار) اما به دلیل فشار کار این مسئله نادیده گرفته شده بود، آیا بر ضرورت وجود آنها اطمینان دارید؟ به بخش 2-6 (چ) مراجعه نمایید.

ب) صفحه‌ی مسدودکننده‌ی لقی در بالای لوله‌ی تخلیه گازی کار گذاشته شده بودند تا از خروج بخارات در مجاورت یک معبر جلوگیری شود.

پ) پس از تمیز نمودن مخزن، یک کیسه‌ی پلاستیکی به روی لوله‌ی تخلیه‌ی گاز بسته شد تا از ورود گرد و غبار به داخل مخزن جلوگیری نمود. روز گرمی بود، با پاشیدن ناگهانی آب به روی مخزن جهت خنک نمودن آن، مخزن به طرف داخل مکیده گشت.

ت) یک مخزن محتوی مقداری آب، بسته‌بندی شده و بر اثر زنگ‌زدگی، مقداری از اکسیژن هوای داخل آن مصرف گردیده بود. (به بخش 1-11 (ت) مراجعه نمایید).

ث) هنگامی که مخزنی در حال گرفتن بخار بود، طوفانی غیر منتظره آن‌را با چنان سرعتی سرد نمود که هوای آزاد نتوانست با سرعت کافی به داخل کشیده شود. هنگام خارج ساختن بخار از یک مخزن بایستی دریچه‌ی آدم‌رو باز باشد. برآوردی که برای ابعاد ناحیه‌ی دربرگیرنده لوله‌ی تخلیه انجام گشته، از دایره‌ای به قطر 10 اینچ تا دایره‌ای به قطر 20 اینچ تغییر می‌نماید. در سایر موارد خطوط تخلیه‌ی گاز در مدت زمانی بسیار کمتر از حد انتظار پس از متوقف شدن تغذیه‌ی بخار، ایزوله گردیدند.

مخازنی که به آنها بخار داده شده، ممکن است برای خنک نمودن به چند ساعت وقت نیاز داشته باشند.

ج) مایع سردی به مخزن محتوی مایع داغ افزوده گشت.

چ) یک شیر فشار خلاء به طرز صحیحی کار گذاشته نشده بود، به طوریکه پالت‌های خلاء – فشار جابجا گشتند. شیرها بایستی طوری طراحی شوند که چنین حادثه‌ای به وقوع نپیوندد (به بخش 1-2-3 مراجعه نمایید).

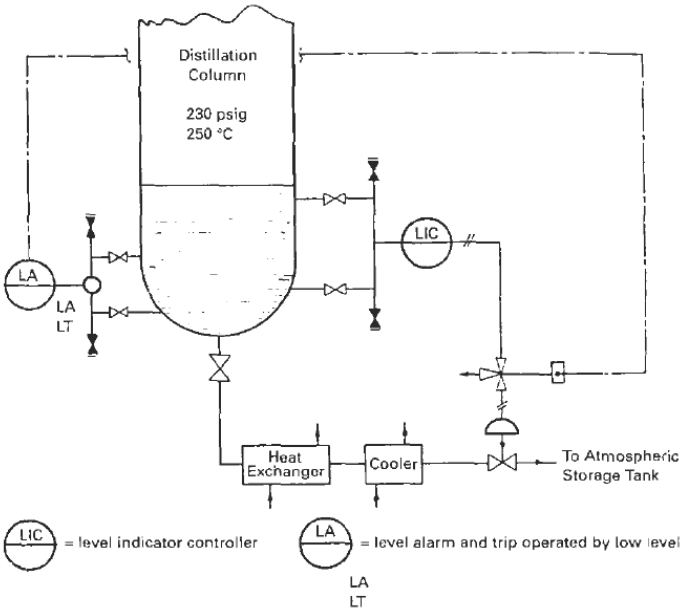
ح) یک شیر خلاء- فشار توسط مواد محتوی مخزن خورده شد.

خ) پمپ بزرگتری به مخزن وصل گردید و هوای مخزن سریع‌تر از هوایی که از طریق لوله‌ی تخلیه‌ی گاز وارد مخزن می‌گشت، به بیرون پمپ گردید.

د) پیش از خالی کردن یک تانکر، راننده در پوش دریچه‌ی آدم‌رو را باز گذاشت. در نتیجه در پوش دریچه‌ی آدم‌رو افتاده و بسته گردید.

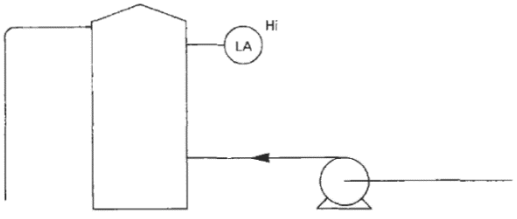
ذ) مخزنی به دستگاه جلوگیری‌کننده از سرریزی که تا سطح زمین پایین آمده بود، مجهز گردید. لوله‌ی تخلیه‌ی دیگری وجود نداشت. وقتی مخزن بیش از حد پر گشت، محتویات آن خالی شدند (شکل 5-5). مخزن بایستی به لوله‌ی تخلیه واقع در بام آن و نیز به یک دستگاه جلوگیری‌کننده از سرریزی مجهز شود.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 4-5: چگونگی از کار افتادن یک کنترل کننده‌ی سطح می‌تواند در مخزنی باعث ایجاد فشار زیادی گردد.

ر) لوله‌ی تخلیه‌ای توسط یک ماده‌ی پلیمری تقریباً مسدود شده بود (شکل 6-5). به منظور جلوگیری از پلیمرازیسیون مایع درون مخزن، مواد بازدارنده به آن افزوده گردید. اما بخاری که روی سقف مایع شده بود حاوی ماده‌ی بازدارنده نبود. لوله‌ی تخلیه به طور مرتب بازرسی قرار می‌گرفت ولی به ماده‌ی پلیمری توجهی نگردید. حالا جهت اطمینان از پاک بودن لوله‌ی تخلیه، یک میله‌ی چوبی به درون آن فرو می‌برند. (سر دیگر میله بایستی بزرگ در نظر گرفته شود، به گونه‌ای که میله نتواند به داخل مخزن بیافتد).



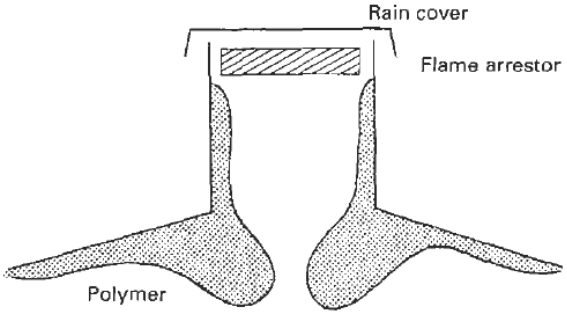
شکل 5-5: در صورت عدم وجود یک لوله‌ی تخلیه‌ی گاز دیگر، لوله‌ی سرریزی که تا سطح زمین بالا آورده شود باعث متلاشی شدن مخزن می‌گردد.

ز) آب با سرعتی زیاد به مخزن محتوی محلول آمونیاک افزوده گردید. به منظور جلوگیری از خرابی مخزن، لوله‌ی تخلیه‌ی گاز بایستی 30 اینچ قطر می‌داشت. این کار غیر عملی بود. از این‌رو آب باید به آرامی از میان یک صفحه‌ی اریفیس محدودکننده اضافه گردد.

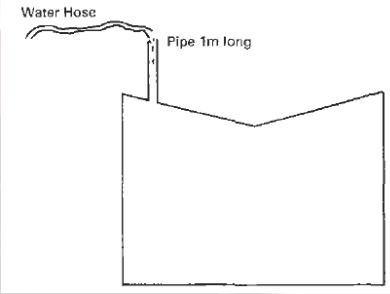
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

از مباحث مذکور پیداست که با تهیه‌ی فهرستی از کارهایی که باید انجام شده یا نباید انجام شوند یا از طریق تغییر طرح‌ها جز چند مورد (به موارد ح و ج ، مراجعه نمایید)، نمی‌توان از مکیده شدن مخازن به داخل جلوگیری کرده و تنها با بالا بردن میزان علم و آگاهی افراد درباره مقاومت مخازن ذخیره‌سازی و روش کار آنها (به ویژه طرز کار خلاء) می‌توان از وقوع چنین حوادثی جلوگیری نمود.

اقدامات صورت گرفته به دنبال وقوع یکی از این حوادث، نیاز به چنین آموزشی را نشان می‌دهد.



شکل 5-6: لوله‌ی تخلیه گاز توسط ماده‌ی پلیمر تقریباً مسدود شده است.



شکل 5-7: روش بازگرداندن یک مخزن به شکل اولیه توسط یک سقف مقعر

در این حادثه فقط سقف مخزن به داخل مکیده شده و به جای اینکه محدب باشد، مقعر شده بود. مهندس مسئول تصمیم گرفت تا به وسیله‌ی فشار آب، مخزن را به شکل اولیه‌ی خود برگرداند. وی برای انجام این کار دستوراتی به پرسنل زیردست خود داد. او جهت اطلاع از چگونگی پیشرفت کار به سراغ مخزن رفت. مهندس مزبور مخزن را پر از آب و پمپ هیدرولیکی دستی را که معمولاً برای آزمایش فشار شبکه‌ی لوله‌ها به کار می‌رفت، متصل به مخزن یافت، و دستور داد تا پمپ را جدا نموده و یک لوله‌ی عمودی به طول یک متر به جای لوله‌ی تخلیه‌ی گاز به مخزن متصل نمایند و به کمک یک شلنگ، آب را با فشار کم به درون لوله وارد نمایند. در نتیجه مخزن به شکل اول خود بازگشته و این مسئله موجب حیرت همگان گردید.

5-4: انفجارات

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

تعداد انفجارات به وقوع پیوسته در فضای محتوی بخار مخازن ذخیره‌سازی با سقف بسیار زیاد است. بر اساس اسناد موجود، طبق یک ارزیابی، احتمال وقوع یک انفجار برای یک مخزن تقریباً یکبار در هر هزار سال برای یک مخزن برآورده شده است. علت وقوع انفجارات بی‌شمار، وجود مخلوط‌های گازی قابل انفجار در فضای محتوی بخار بسیاری از مخازن ذخیره‌سازی است. تقریباً اطمینان از اینکه در چنین مواردی یک منبع قابل احتراق هرگز پیدا نخواهد شد، امری محال است. به ویژه اگر مایع موجود درون مخزن از ضریب هدایت الکتریکی پایینی برخوردار باشد، به طوریکه بارهای ساکن بتوانند روی مایع جمع شوند. به همین دلیل بسیاری از کمپانی‌ها تأکید می‌کنند که مخازن ذخیره‌سازی با سقف ثابت و محتوی هیدروکربن‌هایی که در دمایی بالاتر از نقطه اشتعال خود قرار دارند، بایستی با نیتروژن پر شوند. تأکید سایر کمپانی‌ها بر این است که چنین هیدروکربن‌هایی فقط در مخازن با سقف شناور ذخیره شوند. معمولاً مواد غیر هیدروکربنی نسبت به هیدروکربن‌ها ضریب هدایت الکتریکی بالاتری دارند. (مواد غیر هیدروکربنی با یک مولکول متقارن مثل دی‌اتیل‌اتر و دی‌سولفیدکربن هدایت الکتریکی پایینی دارند). بارهای الکتریکی ساکن می‌توانند به سرعت به داخل زمین تخلیه شوند، (مشروط بر اینکه دستگاه به زمین متصل شده باشد.) و در این حالت خطر اشتعال بسیار کمتر است. از این‌رو بسیاری از کمپانی‌ها مواد مزبور را بدورن پوشش نیتروژن در مخازن با سقف ثابت ذخیره می‌نمایند[5].

1-4-5: نمونه‌ی بارزی از انفجار یک مخزن

چهل دقیقه پس از شروع عمل اختلاط برشی از نفتا به برش دیگر (جهت رسیدن به مشخصات مورد نیاز)، مخزن بزرگی منفجر گردید. آتش‌سوزی در مدت زمان کوتاهی مهار شده و نفتا به مخزن دیگری انتقال داده شد.

روز بعد مجدداً عمل اختلاط تکرار شده و چهل دقیقه بعد انفجار دیگری به وقوع پیوست. مخازن از نیتروژن پر شده و مخلوط قابل انفجاری از بخار نفتا و هوا در بالای مایع مخزن ایجاد گشته بود. پس از بررسی حادثه منبع احتراق، الکتریسیته ساکن اعلام گردید.طبق گزارش سرعت پمپاژ بسیار زیاد، به طوریکه که باعث گردید تا نفتای عبورکننده از میان پمپ و لوله‌ها باردار گردد. در نتیجه بین مایع موجود در مخزن و سقف یا دیواره‌های آن جرقه‌ای زده شد و مخلوط هوا و بخار مشتعل گردیدند. انفجارات مزبور به انجام یک سری تحقیقات گسترده پیرامون چگونگی تشکیل الکتریسیته‌ی ساکن منتهی گشت.

برای جلوگیری از وقوع انفجارات مشابه راه‌های متعددی وجود دارد، از جمله:

1- استفاده از پوشش نیتروژن یا مخازن با سقف شناور

2- استفاده از افزودنی‌های ضد الکتریسیته‌ی ساکن – افزودنی‌های مزبور ضریب هدایت الکتریکی مایع را افزایش می‌دهند به طوریکه بارها می‌توانند به سرعت به زمین تخلیه شوند (به شرط آنکه دستگاه

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

به زمین متصل شده باشد). با این وجود باید مطمئن گردید که این افزودنی‌ها روی کاتالیست‌ها رسوب نکرده یا به صورتی دیگر در عملیات شیمیایی اختلال ایجاد نکنند.

به حداقل رساندن میزان تولید الکتریسیته‌ی ساکن با پایین نگاه داشتن سرعت پمپاژ (کمتر از 3 متر بار ثانیه برای مایعات خالص ولی در صورت وجود آب کمتر از یک متر بر ثانیه) و جلوگیری از ورود مایع با فشار به داخل مخزن.

فیلترها و سایر موانع بایستی همراه با یک خط مستقیم و طویل که بارها اجازه مستهلک شدن را می‌دهد مورد استفاده قرار گیرند.

اطمینان از به کارگیری مؤثر مورد 3 به طور همیشگی مشکل است، از اینرو موارد 1 و 2 توصیه می‌گردد. جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامون الکتریسیته‌ی ساکن به فصل 15 مراجعه نمایید.

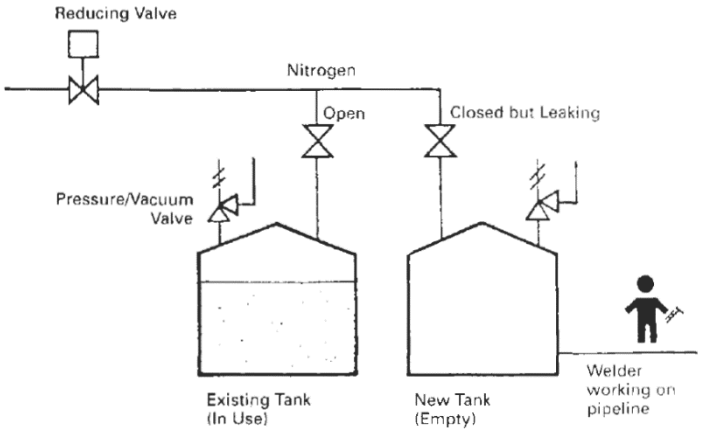
5-4-2: مواردی از انفجارات غیر معمول مخازن

الف) مخزن جدیدی که برای انجام تست هیدرواستاتیک در حال پرشدن با آب بود، منفجر گردید. دو تن از جوشکارانی که مشغول کار بر روی سقف بودند (در حال صافکاری نرده‌ی پلکان) مجروح گردیدند اما خوشبختانه جراحت آنان چندان جدی نبود. مخزن توسط خط لوله‌ای که قبلاً محتوی بنزین بوده از آب پر شده بود. چند لیتر بنزین باقی مانده در خط توسط آب به داخل مخزن وارد شده و بر روی آب شناور گشت و بخار آن توسط جوشکاران مشتعل گردید و آن حادثه را رقم زد.

نباید به کسی اجازه داده شود که هنگام پر شدن مخزن با آب جهت آزمایش بر روی سقف بروند. یکی از دلایل پر کردن یک مخزن با آب، مطمئن شدن از استحکام مخزن و پی‌های آن می‌باشد. در صورت عدم برخورداری مخازن از استحکام کافی، نباید افراد از کنار آن عبور نمایند.

ب) در طی نصب یک مخزن جدید، پیمانکاران تصمیم گرفتند تا خط نیتروژن را به مخزن اتصال دهند. طبق گفته‌ی خودشان آنها خوب می‌دانستند که اتصال خطوط فرایندی به مخزن بدون مجوز امکان پذیر نیست اما نیتروژن خنثی بوده و بنابراین خطری نداشته است. مخزن جدید و مخزن موجود طوری طراحی شده بودند که به منظور ذخیره‌سازی نیتروژن با یکدیگر در حال تعادل باشند (شکل 8-5)، ولی پیمانکاران این مسئله را درک نکردند. شیر مخزن جدید بسته بود اما نشتی کمی داشت. بخار متانول و جوشکاری که مشغول کار روی خط ورودی مخزن بود، آتش گرفت. در نتیجه سقف مخزن کاملاً از جا کنده شده و پرتاب گردید. خوشبختانه سقف روی قطعه زمین خالی که به قدر کافی برای جای دادن آن در خود بزرگ بود، افتاد (شکل 9-5).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 8-5: در صورت بالانس مخازن، نیتروژنی که وارد یک مخزن می‌شود، به ناچار با بخار مخلوط می‌گردد.

پ) سقف یک مخزن قدیمی بنزین بایستی تعمیر می‌گشت، مخزن توسط بخار آب تمیز شده و آزمایشاتی که توسط آشکارساز گازهای قابل احتراق صورت گرفت، نشان داد که هیچ بخار و گاز قابل اشتعالی در مخزن وجود ندارد. از این‌رو به جوشکارها اجازه داده شد تا کار را شروع نمایند. مدت زمان زیادی نگذشت که موی او با جرقه‌ی کوچکی از آتش سوخت.

سقف مخزن از صفحه‌های فلزی ساخته شده بود که یکدیگر را تا حدود چهار اینچ می‌پوشاندند و فقط از طرف بالا به یکدیگر جوش شده بودند. یک روش قدیمی ساخت که در حال حاضر منسوخ شده و مورد استفاده نیست (شکل 10-5).

اعتقاد بر این بود که مقداری بنزین وارد فضای بین صفحات فلزی گردیده و بواسطه‌ی زنگ‌زدگی و پوسیدگی فلزات محبوس شده است. گرمای حاصل از جوشکاری، بنزین را تبخیر نموده و باعث گردید تا بخار بنزین از داخل جوش مذاب رد شده و مشتعل گردد. در همان زمان پیشنهاد شده که مخزن بایستی با آب پرشود، ولی انجام این کار، خطر افزایش بیش از حد فشار را در مخزن به دنبال داشت. به بخش 5-2-1 مراجعه نماید.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شکل 9-5: زمانی که انفجاری در مخزن رخ داد، سقف آن در محوطه‌ی وسیعی افتاد.

شکل 10-5: استفاده از روش قدیمی ساخت مخزن باعث می‌شود تا مایع وارد شکاف بین صفحات گردد.

در بخش 1-4-12 آتش‌سوزی‌ها و انفجاراتی توضیح داده شده‌اند که حین تعمیر یا تخریب مخازن ذخیره‌سازی محتوی مقادیر ناچیزی نفت سنگین، به وقوع پیوسته‌اند.

5-4-3: انفجار یک مخزن تحت فشار قدیمی که به عنوان یک مخزن ذخیره‌سازی به کار می‌رفت

گاهی اوقات مخازن تحت فشار قدیمی به عنوان مخازن ذخیره‌سازی به کار می‌روند. به نظر می رسد که با استفاده از مخازنی که بیش از حد لازم استحکام دارند، به ایمنی بیشتری دست یابیم. اما ممکن است این طور نباشد. زیرا اگرمخزن خراب شود، این حادثه بیشتر جلب نظر خواهد نمود. (به بخش 2-2 الف مراجعه نمایید).

تانکری با خط لوله‌ای که به گروهی از مخازن منتهی می‌گشت، برخورد نمود. خط لوله از بالای دیواره‌ی ناودان گذشته و داخل آن متلاشی گردید. موتور تانکر، ماده‌ی سرریز شده را مشتعل ساخت و بر اثر آتش سوزی حاصله 21 مخزن و 5 تانکر صدمه دیده و از کار افتادند و هزینه‌ی بسیار زیادی برجای گذاشت.

یک مخزن قدیمی تحت فشار به شکل یک استوانه‌ی عمودی با حجم صد متر مکعب برای فشار مانومتری 5 psi (0/3 بار) طراحی شده بود، جهت ذخیره‌ی یک مایع با نقطه‌ی اشتعال 40 درجه سانتی‌گراد، بخاری از لوله‌ی تخلیه‌ی گاز خارج می‌گشت، این لوله‌ی بخار مشتعل گردیده و آتش به داخل مخزن سرایت نمود و در نتیجه انفجار مهیبی به وقوع پیوست. مخزن به جز پایه‌اش از ناحیه‌ی درز جوش ته آن ترکیده و تمام مخزن به انضمام محتویات آن مثل موشکی به هوا پرتاپ گردید[2].

اگر مایع در یک مخزن ذخیره‌سازی فشار پایین معمولی ذخیره شده بود، سقف کنده می‌گردید و مایع در حال سوختن در قسمت پایین مخزن باقی می‌ماند.

در ضمن حادثه‌ی مزبور اهمیت خنک‌سازی با آب را برای کلیه‌ی مخازن و تانک‌هایی که در معرض آتش‌سوزی قرار دارند نشان می‌دهد. به ویژه خنک نمودن مخازن تحت فشار (vessel) دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد. این مخازن چه به واسطه‌ی انفجار داخلی و چه به واسطه‌ی افزایش دما و در نتیجه

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

تضعیف فلز به کار رفته در ساختمان آنها به طرز فاجعه آمیزی تخریب می‌شوند. به بخش 1-8 مراجعه نمایید.

در بخش 2-16 (الف) یک مورد دیگر از انفجار مخازن توضیح داده شده است.

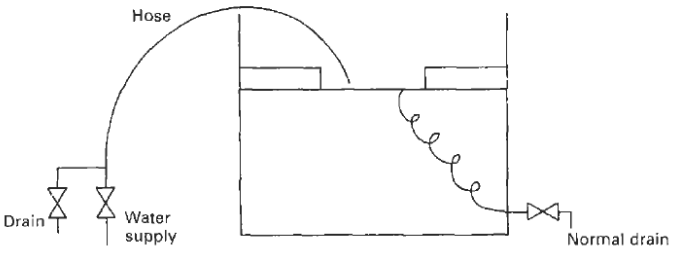
5-5: مخازن با سقف شناور

این بخش حوادثی را توضیح می‌دهد که فقط در مخازن با سقف شناور روی داده است.

5-5-1: چگونگی فرو رفتن سقف در آب

لوله‌ی تخلیه‌ی انعطاف‌پذیر نصب شده بر روی سقف یک مخزن سقف شناور مسدود گردید. بنابراین بر طبق نظر کارشناسان مربوطه، تصمیم گرفته شد تا به کمک یک شیلنگ آب باران را از سقف تخلیه نماید.

جهت آماده‌سازی شیلنگ و ساختن یک سیفون، شیلنگ را به منبع آب وصل نمودند. هدف این بود که شیر منبع آب برای مدت طولانی باز باشد تا شیلنگ پر گردد. سپس این شیر بسته شده و شیر تخلیه باز می‌گردید (شکل 5-11). با این حال شیر آب اشتباهاً باز شده و شیر تخلیه بسته بود.



شکل 5-11: چگونگی غوطه‌ور شدن سقف یک مخزن با سقف شناور

آب به سقف شناور رسیده و در عرض سی دقیقه، سقف در آب فرو رفت، تغییرات موقتی همواره بایستی همانند تغییرات دائمی به طور کامل بررسی شوند. به بخش 2-4 مراجعه نمایید.

5-5-2: انفجار و آتش‌سوزی‌ها

الف) اکثر آتش‌سوزی‌های مخازن با سقف شناور، آتش‌سوزی‌های کوچکی هستند که به واسطه‌ی نشت بخار از جوش‌ها صورت می‌گیرند. این منبع اشتعال را می‌توان با نصب شانت‌ها[1] یا نوارهای فلزی هر یک متر به یک متر یا در اطراف درز جهت زمین کردن سقف به دیواره‌های مخزن از بین برد.

[1] (Shunt) به هرنوع لوله، سوراخ و هر گونه محل عبور برای جابجایی مایعات موجود از یک بخش به بخش دیگر گفته می‌شود (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

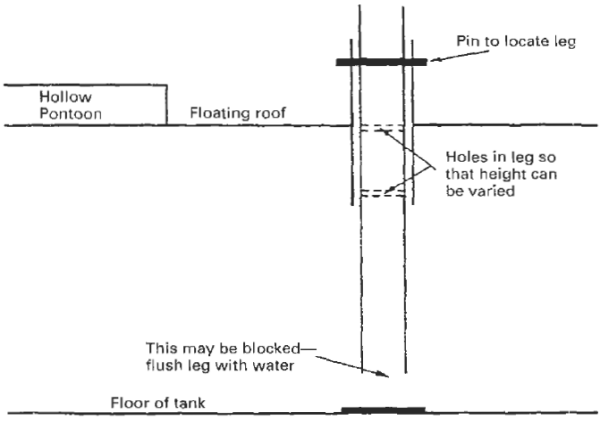
بسیاری از آتش‌سوزی‌های فوق الذکر توسط کارگری که از یک آتش خاموش‌کن دستی استفاده می‌کرده، مهار شده است. با این حال در سال 1979 تنها پس از انفجار یک سکوی شناور که بر اثر آن یکی از افراد آتش‌نشانی کشته شد، آتش سوزی مهار گردید. اعتقاد بر این است که سکوی شناور سوراخ بوده و مقداری از مایع درون مخزن به داخل آن نشت کرده است. برای خاموش نمودن این نوع آتش سوزی نباید کارگران به روی مخازن با سقف شناور بروند[5]. در صورتی که تجهیزات آتش‌نشانی ثابت در دسترس نباشد، بایستی با کف حاصله از یک دستگاه تولیدکننده کف، آتش سوزی را مهار نمود.

ب) سقف یک مخزن با سقف شناوری بایستی عوض می‌گشت. مخزن خالی با نیتروژن پاک شده و به مدت شش روز بخار داده گشت. هر یک از اتاقک‌های شناور برای مدت چهار ساعت بخار داده شدند. مخزن از زنگ‌زدگی و گل و لای پاک گردید. سپس، تخریب سقف آغاز گشت.

چهارده روز بعد، آتش‌سوزی کوچکی به وقوع پیوست. تقریباً یک گالون بنزین از یکی از پایه‌های تو خالی که سقف را به هنگام شناور نبودن ثابت نگه می‌دارد، بیرون ریخته و با جرقه‌ای مشتعل گردید.

سرانجام آتش سوزی با پودر خشک مهار گردید. اما اعتقاد بر این است که زیر پایه‌ی توخالی، توسط گل و لای مسدود گردیده و هنگامی که برشی نزدیک پایه انجام شده، پایه حرکت کرده و گل و لای را تکان داده است (شکل 12-5).

پیش از آنکه اجازه‌ی جوشکاری و یا سوزاندن مخازن با سقف شناور داده شود، بایستی پایه‌ها با آب از بالا شسته شوند. در برخی از مخازن که قسمت تحتانی پایه‌ها آب‌بندی می‌شوند بایستی حفره‌هایی در پایه‌ها ایجاد نمود، طوریکه بتوان آنها را به طور کامل شستشوی نمود.



شکل 12-5: نفتی که در پایه‌ی یک مخزن با سقف شناور محبوس شده بود، در جریان تخریب مخزن آتش گرفت.

ب) گاهی یک سقف شناور داخل یک مخزن با سقف ثابت قرار دارد، در بسیاری از موارد اینکار غلظت بخار در فضا را تا زیر حد انفجار کاهش می‌دهد. اما در سایر موارد این مسئله خطر را افزایش می‌دهد زیرا بخاری که قبل از آمادگی برای انفجار داشته به حد انفجار می‌رسد.

در مرجع شماره‌ی 6 یک مورد آتش‌سوزی جدی توضیح داده شده که در مخزنی با سقف شناور داخلی به وقوع پیوسته است. در اثر یک تغییر جدید در طراحی، حدی که در آن یک سقف شناور از

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

حالت شناور بودن خارج می‌گردید افزایش داده شد، ولی این مسئله روی نقشه‌های داده شده به اپراتورها مشخص نشده بودند. در نتیجه بدون در نظر گرفتن این مسئله، اپراتورها سقف را غیر شناور در نظر گرفتند. شیر خلاء/فشار باز گردید و باعث گشت تا هوا به درون فضای زیر سقف شناور مکیده شود.

هنگامی که مخزن مجدداً با نفت خام با دمای 37 درجه‌ی سانتی‌گراد پر گردید، بخار با فشار به داخل فضای بالای سقف شناور رانده شده و سپس از لوله‌های تخلیه‌ی نصب شده بر روی مخزن با سقف ثابت، با فشار وارد هوا گردید (شکل 13-5).

بخار مزبور در اتاقک یک بویلر که از محل فاصله داشت مشتعل گشت. آتش به داخل مخزن ذخیره‌سازی عقب کشیده شد و بخار هنگام خروج از لوله‌های تخلیه آتش گرفت. از این‌رو عمل پمپاژ متوقف گردید. طولی نکشید که خروج بخار از لوله‌های تخلیه‌ی گاز متوقف گشته، هوا وارد شده و انفجار ضعیفی داخل مخزن با سقف ثابت رخ داد. همین انفجار ضعیف مثل یک پیستون، سقف شناور را به طرف پایین فشار داد و مقداری نفت خام از نشت بند اطراف سقف شناور خارج شده و از لوله‌ی تخلیه‌ی روی مخزن سقف ثابت به بیرون راه یافت. نفت آتش گرفت و باعث خرابی اتصالات تعدادی از خطوط لوله گردید و همین امر موجب نشت مقدار بیشتری نفت شد. در نتیجه مخزن کوچکی منفجر گردید، اما خوشبختانه آن مخزن، سقفی با درز ضعیف داشت. بیش از 50 ماشین آتش نشانی و 200 نفر آتش‌نشان به منظور مهار آتش وارد عمل شده و آتش‌سوزی مزبور در عرض چند ساعت تحت کنترل درآمد. سطح آب بیرون از ناودان افزایش یافت زیرا شیر تخلیه‌ی موجود در آن ناحیه باز گذاشته شده و دیواره‌ی ناودان به دلیل عملیات آتش‌نشانی خراب شده بود. گروه آتش‌نشانی مقداری آب به داخل ناودان پمپ کردند اما چون شیر تخلیه‌ی روی آن ناودان نیز باز گذاشته شده بود، آب سرریزی کرد.

یک کابل برق هوایی در اثر آتش‌سوزی آسیب دیده و به زمین افتاد و شخصی را دچار شوک الکتریکی نمود. از این‌رو پرسنل پالایشگاه برق تمامی کابل‌های موجود در منطقه را قطع کردند. متأسفانه در این مورد چیزی به گروه آتش نشانی گفته نشده بود. تعدادی از پمپ‌های برقی که آب اضافه را پمپ می‌کردند متوقف گردید و سطح آب بیشتر از پیش بالا رفت. با وجود یک پوشش کف، نفت شناور بر روی آب توسط یک ماشین آتش‌نشانی که در داخل آب قرار گرفته بود، مشتعل گردید. آتش به سرعت تا شعاع 150 متری گسترش یافت. هشت تن از افراد آتش‌نشانی کشته شده و دو تن به شدت مجروح گردیدند. با انفجار یک مخزن حاوی نفت آتش گسترش بیشتری یافته و مهار آن 15 ساعت به طول انجامید.

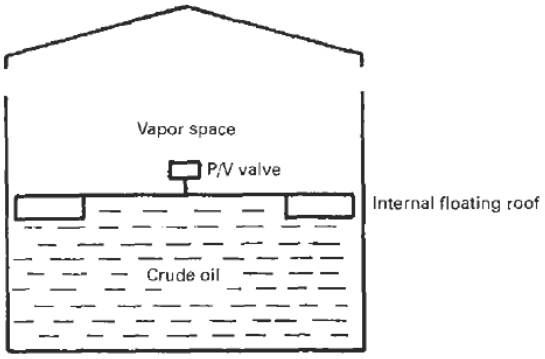
عمده نتایج آموزنده‌ای که می‌تواند از این حادثه گرفت عبارت است از:

1- تغییرات به عمل آمده در طراحی واحد باید تحت کنترل بوده و نقشه‌ها به روز در آورده شوند (به فصل 2 مراجعه نمایید).

2- نباید سقف شناور مخازن را به جز در مواقعی که جهت تعمیر تخلیه می‌شوند از حالت شناور خارج ساخت.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

3- شیرهای تخلیه‌ی ناودان باید همیشه بسته باشند. از این نظر باید آنها را مرتباً مورد بازرسی قرار داد.



شکل 13-5: مخزن با سقف شناور داخلی

4- از همین حالا مشخص کنید که چگونه باید از شر آب آتش‌نشانی خلاص گردید. اگر شیرهای تخلیه آنرا خارج نمی‌کنند باید پمپ‌های آنها تخلیه گردد.

باید در هنگام آتش‌سوزی تماس با آتش‌نشانی داشته و آنها را در جریان کارهایی که در نظر دارید انجام دهید.، قرار دهید.

ت) ترک‌های موجود بر روی سقف باعث وجود یک آتش‌سوزی بزرگ در مخزن محتوی نفت خام (با گنجایش 94000 متر مکعب) شد.ترک‌خوردگی ناشی از خستگی ایجاد شده در نتیجه‌ی حرکت سقف توسط بادهای شدید بوده است. به دنبال آن یک برنامه تعمیر برای آن در دست اقدام قرار گرفت. چند روز قبل از آتش‌سوزی، مشاهده شده بود که نفت از چندین ترک‌خوردگی (به طول 11 اینچ) روی قسمت تک‌پوسته‌ای سقف شناور در حال تراوش است، اما از مخزن همچنان استفاده می‌گردید و برای پاک نمودن نفت هیچ اقدامی صورت نگرفته بود. نفت مشتعل گردید و اعتقاد بر این بود که ذرات داغ کربن خارج شده از یک مشعل با ارتفاع 76 متر (یعنی هم ارتفاع با مخزن) واقع در 108 متری محل باعث اشتعال گردیده است. آتش‌سوزی باعث شد تا میزان نشت افزایش یافته و مخزن به شدت آسیب ببیند. هنگام ریختن نفت به درون ناودان آتش بالا گرفته و شش تن از افراد آتش‌نشانی مجروح گردیدند. آتش‌سوزی مزبور 36 ساعت ادامه داشت، 25 هزار تن نفت سوخته و مخازن مجاور (واقع در 60 متری محل واقعه) خسارت فراوانی را متحمل شدند. عایق یکی از این مخازن آتش گرفت و مخزن به داخل مکیده شد، اما مکانسیم دقیق این عمل مشخص نبوده است[4].

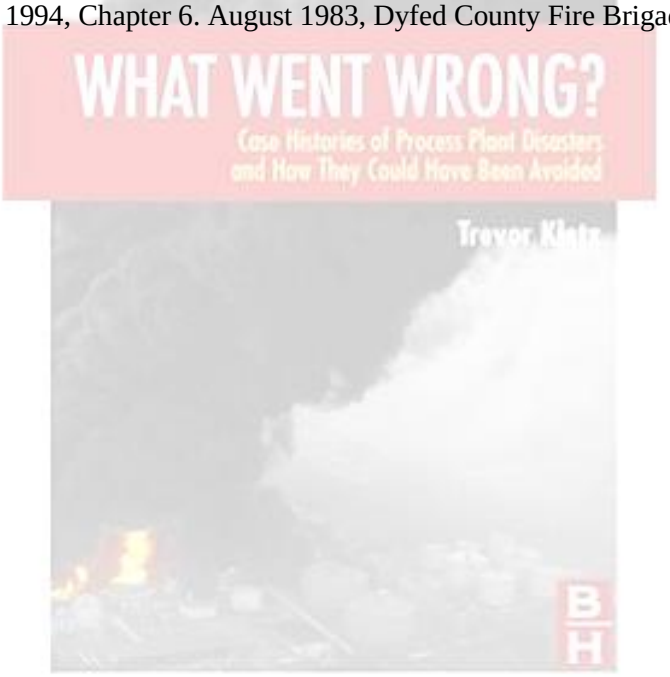
Refrence:

1. T. A. Kletz and H. G. Lawley, in A. E. Green (editor). High Risk Safe5 Technology, Wiley, Chichester, UK, 1982, Chapter 2.1.

2. T. A. Kletz, “Hard Analysis-A Quantitative Approach to Safety,” Symposium

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

Series No. 34, Institution of Chemical Engineers, 1971, p. 75.
3, A. Klinkenberg and J. L. van der Minne, Electrostatics in the Petrolein Irzdiutry, Elsevier, Amsterdam, 1958.
4. Loss Prevention, Vol. 7, 1972, p. 119: and Manufacturing Chemists Association, Case Histov No. 1887, Washington, D.C., 1972.
5. D. K. McKibben, "Safe Design of Atmospheric Pressure Vessels," Paper presented at Seminar on Prevention of Fires and Explosions in the Hydrocarbon Industries. Institute of Gas Technology, Chicago. June 21-26, 1982.
6. Press release issued by the City of Philadelphia Office of the City Representatives, Dec. 12. 1975.
7. Petroleum Review, Oct. 1974. p. 683.
8. T. A. Kletz, Leariziizg from Accidents, 2nd edition, Butterworth-
9. Report of the Investigation into the Fire ut Anzoco Refinery, 30 Heinemann. Oxford, UK. 1994, Chapter 6. August 1983, Dyfed County Fire Brigade, UK



http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل ششم

مشعل‌ها

مشعل‌ها مانند مخازن، محل وقوع انفجارهای بی‌شماری می‌باشند. در این فصل، مواردی از مسدود شدن مشعل‌ها گزارش شده است.

6-1: انفجارات مشعل

الف) شکل (6-1) نتایج حاصل از انفجار یک مشعل بزرگ (Flare) را نشان می‌دهد. قرار بر این بود که مشعل مزبور با گاز خنثی گردد. اما جریان گاز اندازه‌گیری نشده و به منظور ذخیره‌سازی نیتروژن تقریباً به صفر تقلیل یافته بود. هوا از خطوط صیقل‌کاری نشده‌ای که به هم پیچ و مهره شده بودند، نشت می‌نمود. همچنین مشعل مزبور برای مدتی روشن نگردید. اما زمان کمی بعد از آن روشن گشت و انفجار مهیبی روی داد. مدتی بعد مقداری گاز به داخل مشعل فرستاده شد. مخلوط گاز و هوا به سمت بالای مشعل به حرکت درآمده و در آنجا توسط شعله‌ی پیلوت، مشتعل گردید. به منظور جلوگیری از بروز مجدد این حادثه رعایت موارد ذیل الزامی می‌باشد:

1) مشعل‌ها بایستی جوشکاری شوند و در آنها تحت هیچ شرایطی نباید از سطوحی که به طور مناسب صیقل‌کاری نشده‌اند و به هم پیچ و مهره گشته‌اند استفاده گردد.

2) به منظور جلوگیری از نفوذ هوا به داخل مشعل لازم است یک جریان دائم به سمت بالا برقرار شود تا هوای ناچیز نشت پیدا کرده به داخل، از مشعل خارج گردد.

لزومی ندارد که این جریان دائم گاز، ازت باشد. جریان گازهای زائد نیز مؤثر است. اما اگر گاز به طور پیوسته نسوزد، سرعت حرکت آن را معمولاً روی 0/03 تا 0/06 متر بر ثانیه ثابت نگاه می‌دارند. جریان گاز بایستی اندازه‌گیری شود. اگر گاز هیدروژن با گازهای داغ میعان‌پذیر در حال سوختن باشد، به سرعت جریان بیشتری نیاز است. در صورت امکان بایستی هیدروژن از یک لوله‌ی تخلیه‌ی مجزا خارج گردد و در داخل مشعل با سایر گازها مخلوط نشود.

3) مقدار اکسیژن موجود در هوای داخل مشعل را باید به صورت منظم مثلاً روزانه اندازه‌گیری نمود. مشعل‌های بزرگ بایستی به آنالیزورهایی مجهز شوند که برای 5 درصد اکسیژن آلارم اخطار می‌دهند. (در صورت وجود هیدروژن، این مقدار دو درصد می‌باشد) لازم است مشعل‌های کوچک نیز با آنالیزور سیار چک شوند. این توصیه‌ها به لوله‌های تخلیه‌ی گاز و نیز مشعل‌ها مربوط می‌شوند.

ب) با وجود انجام تبلیغات در خصوص حادثه‌ی فوق، نه ماه بعد انفجار دیگری در همان واحد به وقوع می‌پیوندد. به منظور جلوگیری از ورود منواکسیدکربن و هیدروژن نشت شده از میان آب‌بندهای چند

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

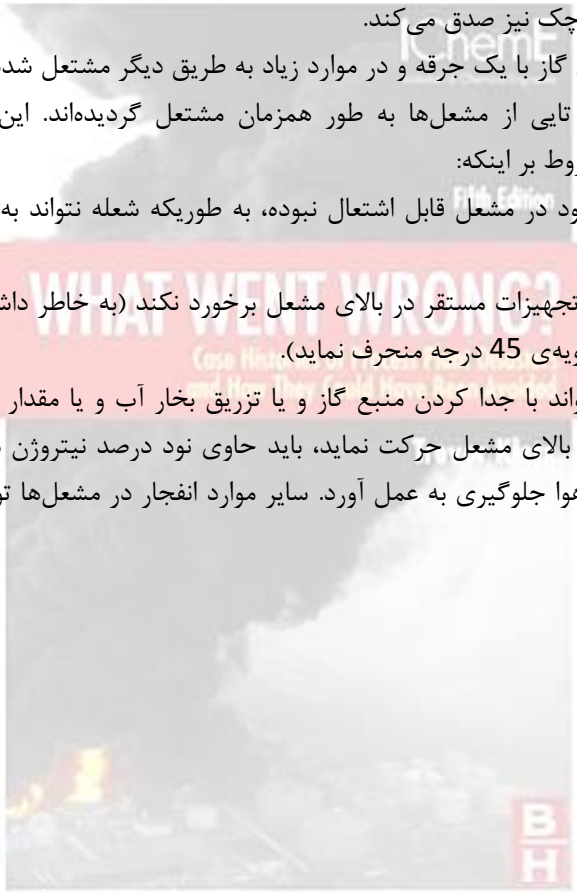
کمپرسور به فضای محفظه‌ی کمپرسور، این گازها توسط یک پنکه مکیده شده و توسط یک لوله‌ی تخلیه‌ی گاز کوچک تخلیه گردیدند. به دلیل آب‌بندی ضعیف اتصال بین کانال و کمپرسور، هوا به داخل کانال نشت نمود و مخلوط هوا و گاز با جرقه‌ای مشتعل گردید. اگر پس از وقوع اولین انفجار توصیه‌های مزبور به کار گرفته می‌گشت، اگر جریان گاز خنثی وارد سیستم تخلیه‌ی گاز می‌گردید و اگر میزان اکسیژن موجود در هوای مشعل به طور منظم اندازه‌گیری می‌شد، دیگر انفجاری رخ نمی‌داد. چرا به این توصیه‌ها توجهی نگردید؟ شاید روشن نشده بود که توصیه‌های به عمل آمده پس از انفجار مشعل بزرگ یک لوله تخلیه‌ی گاز کوچک نیز صدق می‌کند.

پ) لوله‌های تخلیه‌ی گاز با یک جرقه و در موارد زیاد به طریق دیگر مشتعل شده‌اند. در موارد متعدد یک گروه ده تا بیست تایی از مشعل‌ها به طور همزمان مشتعل گردیده‌اند. این مسئله خطرناک و حادثه‌ساز نمی‌باشد، مشروط بر اینکه:

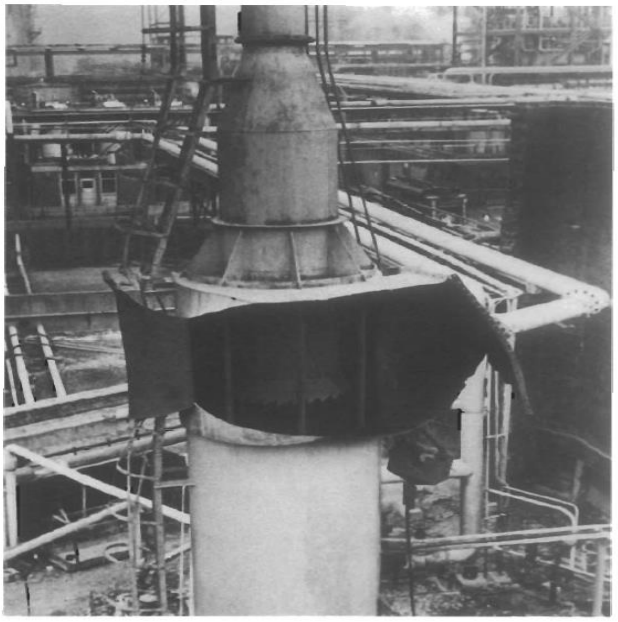
1) مخلوط گاز موجود در مشعل قابل اشتعال نبوده، به طوریکه شعله نتواند به طرف پایین حرکت نماید.

2) شعله‌ی مزبور با تجهیزات مستقر در بالای مشعل برخورد نکند (به خاطر داشته باشید که جریان باد می‌تواند شعله را با زاویه‌ی 45 درجه منحرف نماید).

3) شعله‌ی مزبور بتواند با جدا کردن منبع گاز و یا تزریق بخار آب و یا مقدار زیادی نیتروژن مهار شود. گازی که به طرف بالای مشعل حرکت نماید، باید حاوی نود درصد نیتروژن باشد تا از ایجاد یک مخلوط قابل اشتعال با هوا جلوگیری به عمل آورد. سایر موارد انفجار در مشعل‌ها توسط Kilby توضیح داده شده است[1].



http://mohandes-iran.com



شکل 6-1: پایه مشعل

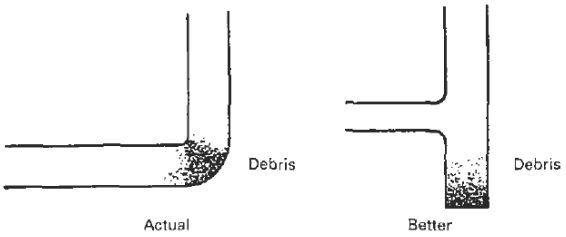
6-2: مشعل‌های مسدود شده

الف) در بخش 2-5 (الف) چگونگی انسداد یک لوله‌ی تخلیه‌ی گاز (به قطر 8 اینچ) توسط یخ شرح داده شده است. علت این انسداد این بود که بخار سرد (با دمای 100 درجه‌ی سانتی‌گراد) و بخار آب هر دو به طرف بالای مشعل فرستاده شدند. گاز سرد با بخار آب مایع شده‌ای که از دیواره‌ی مشعل به طرف پایین سرازیر شده بود، برخورد نموده و باعث انجماد گردید. مخزن گاز مایع، تحت فشار زیاد قرار گرفته و شکاف کوچکی در آن ایجاد گردید. مشعل طوری طراحی شده بود که قادر باشد بدون بخار آب به درستی عمل نماید، اما مدت‌ها بعد برای اولین بار بخار را وارد آن نمودند تا از منتشر شدن گاز سرد و عدم جمع شدن آن در سطح زمین اطمینان حاصل شود.

ب) یک مشعل به قطر 14 اینچ جایگزین لوله‌ی تخلیه گاز گردید. این مشعل حاوی یک منبع بخار آب بود که بخار خود را به حلقه‌ی مستقر در اطراف قسمت بالای مشعل می‌فرستاد. پس از گذشت چند سال، مشعل مزبور این بار به دلیل رسوب مواد خورنده ریز نسوز که از نوک مشعل جدا شده و توسط آب منجمد گردیده به یکدیگر چسبیده بودند، مجدداً مسدود گردید (زیرا مقداری از بخار مایع شده به طرف پایین مشعل راه پیدا کرده بود). خوشبختانه این بار قبل از اینکه خسارتی وارد آید، دست‌اندرکاران متوجه افزایش فشار داخل مخزن شدند. به منظور جمع‌آوری مواد خرده‌ریزه هیچ محفظه‌ای (Boot) در ته مشعل تعبیه نشده بود، (شکل 2-6). از این‌رو یک Boot نصب گردید تا از انباشته شدن این مواد خورنده ریز جلوگیری به عمل آورد.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

پ) برخی اوقات، لوله‌های تخلیه در هوای سرد مسدود می‌شوند. زیرا بنزن با سیکلوهگزان که نقطه‌ی انجماد هر دوی آنها 5 درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد از طریق آنها تخلیه می‌گردند. در این حالت، عملیات ردیابی بخار آب در داخل لوله‌ها ممکن است ضرورت پیدا نماید.



شکل 2-6 مشعل پس از انفجار

ت) در طراحی لوله‌های تخلیه هیچ جایی برای فرو رفتگی در داخل لوله نباید در نظر گرفته شود. زیرا ممکن است مایع در داخل این فرو رفتگی جمع شده و یک فشار برگشتی ایجاد نماید. این فشار برگشتی باعث افزایش بیش از حد فشار در داخل محفظه‌ها می‌گردد.

ث) لوله‌ی تخلیه‌ای که به خوبی حائل نشده بود، هنگامی که در معرض آتش قرار گرفت، شکم داده و همین باعث گردید تا فشار بیش از حدی در داخل یک محفظه ایجاد شود.

ج) واشرهای آب‌بندی در هوای سرد یخ زده‌اند. از این‌رو نباید از آنها جز در محل‌هایی که در آنها انجماد صورت نمی‌گیرد، استفاده نمود. سیستم‌های تخلیه گاز و مشعل بایستی ساده باشند. بهتر است از به کارگیری واشرهای آب‌بندی خودداری گردد، بدین ترتیب دیگر نیازی به تعبیه سیستم‌های گرم شونده توسط بخار آب و آلارم‌های دمای پایین که امکان از کار افتادن آنها وجود دارد، نخواهد بود.

چ) لوله‌های تخلیه‌ی گاز بعضی اوقات به شعله خفه‌کن مجهز می‌شوند تا از برگشت شعله‌ی انتهایی مشعل به پایین جلوگیری شود. شعله خفه‌کن‌ها اغلب در معرض انسداد هستند. مگر آنکه مرتباً تمیز شوند. در ضمن، استفاده از آن‌ها چندان هم ضروری نمی‌باشد زیرا تا زمانی که مخلوط گاز موجود در مشعل قابل اشتعال نباشد، شعله نمی‌تواند به قسمت پایین مشعل راه یابد. اگر مخلوط گاز داخل مشعل قابل اشتعال باشد، در آن حین به روش‌های دیگر می‌تواند محترق شود. بنابراین، همچنانکه در بخش 1-6 اشاره گردید، برای جلوگیری از ایجاد یک مخلوط قابل اشتعال، یک جریان دائم از گاز باید در داخل مشعل‌ها برقرار باشد. در هر حال دو مورد استفاده از شعله خفه‌کن در لوله‌های تخلیه‌ی گاز را می‌توان توجیه نمود:

1) در صورتی که گاز تخلیه شده بتواند بدون اضافه شدن هوا تجزیه شود، در هر زمان ممکن، چنین گازهایی باید با نیتروژن رقیق شوند. اگر انجام این کار همیشه امکان‌پذیر نباشد، می‌توان از یک شعله خاموش‌کن استفاده نمود.

2) در لوله‌های تخلیه‌ی گاز مخازن محتوی مخلوط قابل اشتعال بخار و هوا (بخش 1-4-5)، این شعله خاموش‌کن‌ها بایستی مرتباً بازبینی شده و در صورت لزوم تمیز گردند. در بخش [5-3 (1)] چگونگی فرورفتن یک مخزن به دلیل آنکه شعله خفه‌کن‌های هر سه لوله تخلیه‌ی گاز مربوط به مخزن به

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

مدت دو سال تمیز نشده بودند، توضیح داده شده است. در مرجع شماره (4) یک نوع شعله خفه‌کن که می‌توان آن را بدون کمک گرفتن از ابزار خاصی جهت بازرسی به راحتی باز نمود، توضیح داده است.

ح) منفذگیرهای مولکولی با کربن حاصل از نیم سوخته مسدود شده‌اند. به همین دلیل بسیاری از کمپانی‌ها ترجیح می‌دهند که از این آب‌بندها استفاده ننمایند.

خ) شیر اطمینان نصب شده بر روی یک مخزن محتوی هیدروژن مایع از طریق یک لوله‌ی کوتاه به هوا تخلیه می‌گردید. هیدروژن تخلیه شده از این شیر آتش گرفت. پرسنل آتش‌نشانی روی قسمت پایین لوله، آب ریختند. اما آب یخ بسته و مخزن مزبور تحت فشار شدیدی قرار گرفت و سرانجام ترکید. این آتش‌سوزی همچنان که در بخش 1-6 (پ) مورد بحث قرار گرفت، می‌بایست با تزریق نیتروژن به بالای لوله مهار می‌گشت.

مضمون مشترک بسیاری از این صحبت‌ها این می‌باشد که لوله‌های تخلیه‌ی گاز و مشعل‌ها بایستی همواره از ساختمان ساده‌ای برخوردار باشند. زیرا آنها بخشی از سیستم‌های فشار شکن به حساب می‌آیند. از به کارگیری شعله خاموش‌کن‌ها، واشرهای آب‌بندی، خمیدگی‌های u شکل و منفذگیرهای مولکولی خودداری نمایید. ضمناً از به کار بردن آب بپرهیزید زیرا باعث زنگ‌زدگی و پوسته پوسته شدن جداره‌ی لوله‌ها و مشعل‌ها شده و ممکن است یخ بسته شود.

Refrence:

1. J. L. Kilby, Chemical Engirzeerirzg Progress, June 1968, p. 419.
2. T. A. Kletz. Chemical Engineering Progress, Vol. 70, No. 4, Apr. 1974, p. 80.
3. T. J. Laney, in C. H. Vervalin (editor), Fire Protectiori Manual for Hydrocarbon Processing Plants, Vol. 1, 3rd edition, Gulf Publishing Co., Houston, Texas, 1985, p. 101.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل هفتم

نشتی‌ها

نشت مواد فرآیند بزرگترین خطر صنایع فرایندی به شمار می‌آید. اکثر موادی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، منفجر و یا مشتعل نمی‌شوند مگر در شرایط خاصی که قرار باشد در نسبت‌های معین با هوا مخلوط گردند. بنابراین به منظور جلوگیری از هرگونه انفجار و آتش‌سوزی، مواد سوختنی را باید در واحد نگه‌داری کرده و هوا را از آن دور نگاه داشت. خارج نمودن هوا نسبتاً آسان می‌باشد زیرا اکثر واحدها تحت فشار عمل می‌کنند. برای بیرون فرستادن هوا از دستگاه‌های با فشار پایین مثل مخازن ذخیره‌سازی (بخش 4-5)، مشعل‌ها (بخش 1-6)، سانتریفیوژها (بخش 1-10) و دستگاه‌هایی که جهت تعمیر و نگه‌داری، هوای آنها تخلیه می‌گردد، به طور وسیعی از ازت استفاده می‌شود (بخش 3-1).

بنابراین مشکل عمده در جلوگیری از آتش‌سوزی و انفجار، ممانعت از نشت مواد فرایند به خارج از واحد یعنی حفظ یکپارچگی آن می‌باشد. هنگام استفاده از مواد خورنده و سمی نیز با چنین مشکلی مواجه هستیم زیرا این مواد فقط در صورت نشت خطرناک هستند.

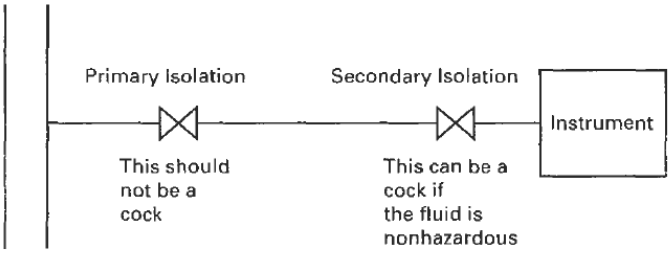
بسیاری از نشتی‌ها تحت عناوین دیگر مورد بررسی و بحث قرار گرفته است، مثل نشت حین تعمیر (فصل1)، نشت ناشی از خطا و اشتباه انسانی (فصل 3)، نشت در نتیجه‌ی لبریز شدن مخازن ذخیره‌سازی (بخش 1-5). سایر نشتی‌ها به دلیل خرابی مخازن یا لوله روی می‌دهند (فصل9) در حالیکه در فصل هشت در مورد نشت گاز مایع قابل اشتعال بحث شده است. در اینجا به شرح برخی از منابع نشت، جداسازی و کنترل مواد نشتی می‌پردازیم.

7-1 علل عمومی نشتی‌ها

7-1-1: شیرهای دریچه‌دار کوچک

اغلب اوقات شیرهای دریچه‌دار کوچک در اثر ضربه و یا ارتعاش باز می شوند. در خطوطی که حامل مواد خطرناکی چون مایعات قابل اشتعال و سمی (برای نمونه می‌توان گازهای مایع اشتعال یا روغن‌های منتقل‌کننده‌ی حرارت را هنگام داغ شدن نام برد) در فشار بالاتر از فشاری که در آن به جوش می‌آیند هستند نباید از آن شیرها به عنوان تنها شیر جداکننده استفاده نمود. این مایعات به هنگام نشت به بخار تبدیل شده و در محدوده‌ی وسیعی پخش می‌شوند. همچنانکه که در شکل (7-1) نشان داده شده، استفاده از انواع دیگر شیر به عنوان اولین شیر جداکننده اقدام مطلوبی می‌باشد.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 1-7: نباید شیرهای دریچه‌دار کوچک به عنوان شیرهای جدا کننده‌ی اولیه مورد استفاده قرار گیرند.

7-1-2: شیرهای تخلیه‌ی گاز و مایع

بسیاری از نشتی‌ها به این دلیل رخ داده‌اند که کارگران، شیرهای تخلیه مایع را حین تخلیه آب از مخازن ذخیره‌سازی یا دستگاه‌های فرایند باز گذاشته و در بازگشت متوجه شده‌اند که به جای آب، روغن در حال خارج شدن است.

در یک مورد، شخصی از مخزن run down[1] (مخزن دریافت کننده) برج تقطیر محتوی بنزن در حال تخلیه آب بود. وی به منظور رسیدگی به کاری دیگر برای لحظاتی چند، محل را ترک نمود و درحالیکه آب همچنان در حال تخلیه بود یا به دلیل کمتر بودن آب از حد معمول و یا به دلیل طولانی شدن غیبت او بیش از حد انتظار، وی در بازگشت متوجه گردید که از شیر تخلیه با قطر حدود دو اینچ، بنزن در حال خارج شدن است. قبل از اینکه او بتواند شیر را ببندد، بنزن توسط حرارت ناشی از قسمت گرم‌کننده‌ی برج تقطیر آتش گرفت. اپراتور به طرز فجیعی سوخت و در اثر جراحات وارده جان سپرد.

کوره به محل تخلیه بسیار نزدیک بود (حدود 10 متر دورتر) و شیب زمین باعث گشت تا بنزن به سمت کوره سرازیر شود. با این وجود اگر او شیر تخلیه را به حال خود رها نمی‌کرد هرگز چنین حادثه‌ای به وقوع نمی‌پیوست.

برای تخلیه بایستی از شیرهای کروی نوع spring- loaded (شیرهای توپی فنردار) استفاده نمود. این شیرها بایستی باز نگه داشته شده و در صورت رها شدن، خود به خود بسته شوند.

لازم است شیرهای تخلیه تا حدی که از نظر علمی اشکالی پیش نیاید کوچک باشند. حداکثر اندازه مجاز این شیرها برای گازهای مایع قابل اشتعال و سایر مایعات آتش‌زا $\frac{3}{4}$ اینچ می‌باشد.

شیرهای تخلیه که گه‌گاه برای تخلیه‌ی دستگاه‌ها جهت تعمیر به کار می‌روند بایستی زمانی که از آنها استفاده نمی‌شود، مسدود شوند. جهت کسب اطمینان از وضعیت صفحات فلزی مسدود کننده لازم است به طور منظم به بررسی آنها بپردازیم. در بازرسی که بعد از انجام تعمیرات اساسی در یک واحد انجام گردید، معلوم گشت که حدوداً 50 صفحه‌ی فلزی مسدود کننده شل بوده و هر کدام به یک پیچ وصل بوده‌اند.

[1] مخزنی که بتواند محصول برج تقطیر، مخلوط کننده یا دستگاه‌های دیگر را در خود جای داده و از خود به مخازن بزرگتر پمپ نماید (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

اگر مرتباً مجبور به جداسازی آب از گازهای مایع قابل اشتعال یا سایر مایعات آتش‌زا بوده و نیز قادر نباشیم از شیرهای فنردار استفاده نماییم، لازم است در خط تخلیه یک شیر جداکننده‌ی اضطراری کنترل از راه دور نصب و موزد استفاده قرار دهیم (مراجعه به بخش 1-2-7 شود).

همان‌طور که برای خلاص شدن از شر مایعات ناخواسته از شیرهای تخلیه استفاده می‌نماییم، برای رهایی از گازها یا بخارات ناخواسته نیز از خطوط تخلیه‌گاز استفاده می‌شود. آنها باید طوری نصب شوند که احتمال اشتعال بخار به حداقل رسیده و در صورت اشتعال، میزان خسارت کم باشد و همچنین افراد از بخار و گاز تخلیه شده آسیب نبینند. در اثر پخش گاز لوله‌ی تخلیه‌ی کندانسور برج تقطیر به داخل اتاق کنترل، حریقی در یک واحد کوچک رخ داد[2].

7-1-3: محفظه‌های سرباز

نباید هرگز از سطل و سایر محفظه‌های سرباز برای جمع‌آوری قطرات مایعات قابل اشتعال خورنده و سمی استفاده نمود و یا از آنها برای حمل و نقل مقادیر ناچیزی از آن مواد در محدوده‌ی کارخانه کمک گرفت. قطرات مواد و نمونه‌های مواد مرجوعی و غیره را بایستی در ظروف بسته جمع‌آوری نمود و لازم می‌باشد قبل از حرکت دادن این ظروف درب آنها با درپوش بسته شود.

شخصی هنگام حمل و نقل گازوئیل در یک سطل به دلیل آتش گرفتن آن به طرز فجیعی سوخت. عامل اشتعال هرگز مشخص نگردید. شخصی دیگر حین حمل phenol در یک سطل سُر خورد و به زمین افتاد. Phenol بر روی پاهای او ریخت و شخص مزبور در عرض نیم ساعت جان سپرد. سومین نفر که در حال حمل یک محفظه‌ی سرباز محتوی یک مایع داغ شوینده بود، تعادل خود را از دست داد. مایع درون محفظه بر روی او ریخت و بدن وی را سوزاند.

در بخش 12-2(پ) و 15-1 حوادث دیگری مورد بحث قرار گرفته‌اند. این حوادث در مقایسه با حوادثی که در سایر صفحات آمده جزئی به نظر می‌رسد، اما برای اشخاصی که با چنین حوادثی روبرو شده‌اند بدین صورت نمی‌باشد.

به همان ترتیب هرگز نبایست بطری‌های شیشه‌ای حاوی مواد نمونه را با دست حمل نمود. کارگران به دلیل برخورد شیشه‌های در حال حمل با برآمدگی‌ها و در نتیجه شکسته شدنشان آسیب دیده‌اند. بطری‌ها بایستی در سبد و یا محفظه‌هایی حمل شوند که برای حمل نوشابه‌های غیر الکلی بکار می‌روند. برای حمل بطری‌های حاوی مواد شیمیایی بسیار خطرناک مانند فنل باید از محفظه‌های دربسته استفاده نمود.

هرگز از مایعات قابل اشتعال برای پاک کردن کف اتاق‌ها یا زدودن ذرات روغن آلوده‌ای که نشت شده استفاده ننمایید. به جای این، محلول‌های غیر قابل اشتعال باید بکار روند.

7-1-4: شیشه‌های ترازسنج

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در اثر خرابی شیشه‌های ترازسنج‌ها[1] و پنجره‌های[2] دید مربوط به دستگاه‌ها حوادثی روی داده است. احتمال دارد نشت اتیلن از شیشه متعلق به یک ترازسنج باعث وقوع انفجار و خرابی یک کارخانه شده باشد[5].

نبایستی از ترازسنج شیشه‌ای و پنجره‌ی دید برای مخازنی که محتوی مایعات سمی یا محترقه و آتش‌زای تحت فشار بالاتر از فشار نقطه‌ی جوششان می‌باشند، استفاده نمود. هنگام استفاده از ترازسنج‌های شیشه‌ای نصب شیرهای دریچه‌دار یکطرفه‌ی ساچمه‌ای (Ball check cock) الزامی می‌باشد. زیرا این شیرها در صورت شکستن ترازسنج، از نشت به مقدار زیاد جلوگیری می‌نمایند. متأسفانه برخی اوقات این ساچمه‌ها توسط افرادی که از نقش و هدف بکار رفتن آنها بی‌خبر بوده‌اند برداشته شده‌اند. شیرهای دستی بایستی کاملاً باز باشند، در غیر این صورت ساچمه‌ها نمی‌توانند عمل نمایند (شکل 2-7).

7-1-5: مجرابندها (plugs)

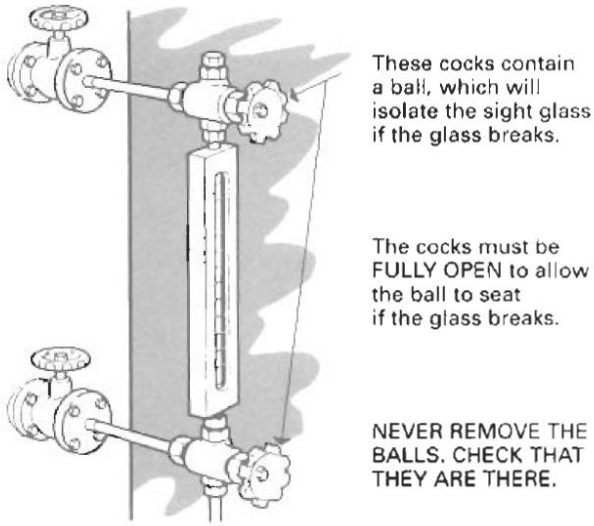
در خیلی از مواقع مجرابندهای پیچی از دستگاه‌ها به بیرون پرتاب می‌شوند.

الف) یک مجرابند نیم اینچی در داخل یک پرده آکوردئونی (Bellows) نصب گردید.

به طوریکه پس از آزمایش فشار، آب می‌توانست در حالت افقی به طور کامل تخلیه شود. چیزی از نصب Bellow نگذشته بود که مجرابند به بیرون پرتاب شده و فورانی از روغن داغ به طول 30 متر به بیرون جهید. مجرابندهایی که جهت تسهیل در انجام آزمایش فشار نصب می‌شوند بایستی جوش داده شوند. اگرچه جوش محکم دادن به یک مجرابند پیچی معمولی کار درستی نمی‌باشد. با خورده شدن حدیده[3] تمام فشار به جوش وارد می‌شود، از این‌رو بایستی حتماً از یک مجرابند با یک طرح ویژه و یک جوش کاملاً محکم و مقاوم در برابر فشارهای بالا استفاده شود.

[1] Level Glasses
[2] Sight Glasses
[3] قطعه‌ای فلزی شبیه مهره که در بسیاری از صنایع که بر روی قسمت جوش داده شده بسته می‌شود (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 2-7: شیرهای دریچه‌دار یکطرفه‌ی ساچمه‌ای

ب) یک مجرابند یک اینچی از بدنه‌ی پمپی به بیرون پرتاب شده و با پرتاب آن جریانی از روغن با دمای نزدیک به 370 درجه‌ی سانتی‌گراد و فشار مانومتری 250 Psi (17 بار) به راه افتاد. پس از تماس با یک منبع حرارتی روغن آتش گرفت و خسارات سنگینی ببار آورد. مجرابند مزبور فقط با یکی دو حدیده محکم شده بود و برای مدت 18 سال با همین وضع کار می‌کرد.

بازرسی انجام شده بعد از این حادثه نشان داد که تعداد زیادی از این مجرابندهای پیچدار که بعضی از آنها با تعداد کمی حدیده محکم شده و از نوع نامناسبی از فولاد ساخته شده بودند، بکارگرفته شده‌اند. در واحدی که استفاده از مجرابندهای پیچی در آن مجاز نبود، چند مجرابند 2 اینچی یافت گردید که فقط با یک حدیده محکم شده و تا ده سال به همین صورت مورد استفاده قرار گرفته و به عنوان بخشی از بسته حاوی قطعات کمپرسور وارد واحد شده بودند. توصیه می‌شود همه‌ی مجرابندها وارسی گردند.

پ) مشابه این حادثه در بخش 6-1-9 (ث) توضیح داده شده است. یک پوشش پیچدار همراه با شیری که به منظور آزمایش فشار نصب شده بود، از خط حامل روغن به بیرون پرتاب گردید.

ت) مجرابند حاوی لولای پین‌دار (hinge- pin retaining-plug) نصب شده روی یک شیر یک طرفه‌ی گردان استاندارد در حال کار شل شده و به بیرون پرتاب گردید، تا زمانی که توانستند واحد را متوقف نمایند، گاز با سرعتی برابر دو تن در ساعت در حال خارج شدن بود. این حادثه روی نکاتی که در بخش 7-2-1 (ب) آمده تأکید دارد. شیرهای یکطرفه در بین بسیاری از اپراتورها سابقه‌ی چندان خوشایندی ندارند. اما نمی‌توان از دستگاه‌هایی که هیچیک از اجزاء آن هرگز تعمیر نمی‌شود انتظار داشت که درست کار کنند.

ث) در یک گارگاه شیری در دست تعمیر بود و یک مجرابند پیچی به قسمت خروجی آن وصل شده بود. برای شل کردن مجرابند، شیر را با مشعل جوشکاری حرارت دادند. همین عمل باعث متلاشی شدن

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

مجرابند گردید. شیر در حالت بسته قرار داشت و مقداری آب مابین شیر و مجرابند جمع شده بود. معمولاً شیرها قبل از تعمیر بایستی باز شوند.

7-1-6: شیلنگ‌ها

شیلنگ‌ها غالباً یکی از منابع نشتی به شمار می‌روند. عمده‌ترین دلیل این مسئله عبارت است از:

1- استفاده از شیلنگی که جنس نامناسب ساخته شده

2- معیوب بودن شیلنگ

3- عدم انجام صحیح اتصالات به ویژه اتصالات پیچی که فقط با چند حدیده محکم شده‌اند یا برای محکم کردن آنها از حدیده‌های مختلفی استفاده شده و اتصالات فاقد واشر بوده‌اند.

4- شیلنگی توسط یک گیره‌ی پیچ‌دار از نوعی که برای شیلنگ اتومبیل استفاده می‌شود به یک رابط یا واحد نصب شده (گیره‌های jubilee)، استفاده از این شیلنگها در صنعت چندان مناسب نمی‌باشد. در این مورد باید از گیره‌های پیچ‌دار استفاده نمود.

5- شیلنگ قبل از تخلیه‌ی فشار جدا شده، زیرا بعضی اوقات شیر تخلیه‌ی گاز وجود نداشته تا گاز را به طور کامل تخلیه نماید.

6- شیلنگ مورد استفاده برای بخار یا نیتروژن سرویس بکار برده شده است. مواد فرایند با بسته شدن شیر سرویس قبل از شیر فرایند به داخل شیلنگ وارد شده‌اند.

حوادث زیر نشان‌گر نکات مزبور هستند:

الف) تصمیم گرفته شد بخار پایدار را با فشار مانومتری 100 Psi (7 بار) به یک برج تقطیر وصل نمایند تا از بهبود کارآیی آن مطلع شوند. همانگونه که در شکل 3-7 نشان داده شده است، اپراتوری به حالت ایستاده قصد بستن شیر ورودی برج را داشت که ناگهان شیلنگ پاره شده و مایع خورنده و داغی روی او پاشیده شد. او روی یک سکوی کمکی ایستاده بود. نشت مایع مانع رسیدن او به نردبان کمکی گردید. از این‌رو به اجبار می‌بایست منتظر می‌ماند تا نردبان سیاری برای او آورده شود.

تحقیقات نشان داد که:

1- شیلنگ مزبور از جنس لاستیک تقویت شده‌ای ساخته شده که برای اینکار مناسب نبود. بایستی به جای آن از یک فولاد ضد زنگ استفاده می‌گردید.

2- شیلنگ معیوب بود.

3- یک شیر بخار که به انتهای دیگر شیلنگ متصل بود، درست قبل از بسته شدن شیر ورودی برج بسته شده بود. بدین ترتیب به مواد فرایند امکان داده شد تا وارد شیلنگ شوند. اپراتورها به خوبی می‌دانستند که این روش چندان معمول نیست، با این وجود آنان نخست شیر بخار را بستند زیرا از معیوب بودن شیلنگ مطلع بودند و قصد داشتند آن را از قرار دادن در معرض فشار کامل بخار دور نگه دارند.

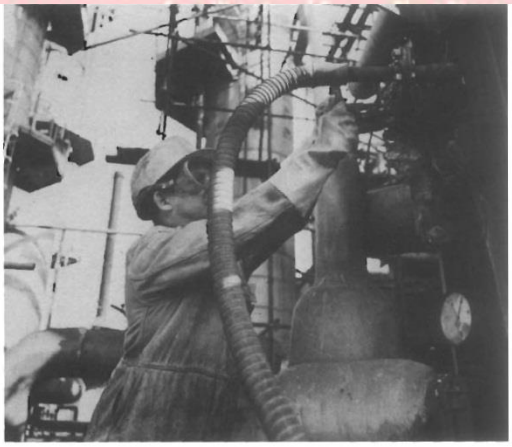
آنان بایستی شیلنگ مناسب و سالمی استفاده می‌کردند و شیر فرایند بایستی اول بسته می‌گشت. علاوه بر این شیر روی شیلنگ نباید طوری قرار گیرد که نتوان براحتی به آن دسترسی پیدا نمود. در صورت نبودن یک شیر دیگر، بایستی یک لوله‌ی فولادی به این شیر نصب می‌گشت تا انتهای دیگر

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شیلنگ در جای مطمئن‌تری قرار گیرد. لازم است تمامی شیلنگ‌ها مرتباً بازرسی و آزمایش شده و باز زدن علامت بر روی آنها نشان داده شود که استفاده از آن شیلنگ‌ها مورد تأیید قرار گرفته است. بهترین راه این است که رنگ برچسب‌ها را هر 6 یا 12 ماه تغییر دهند. این حادثه به خوبی نشان می‌دهد که هم اپراتورها و هم مدیران آنقدر به خطرات فرایند عادت کرده‌اند که در پیاده نمودن و تداوم اقدامات صحیح احتیاطی قصور می‌ورزند.

حال این سؤال پیش می‌آید که هر چند وقت یکبار شیلنگ‌های نامرغوب و یا معیوب مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند؟ چرا سرکارگرها و مدیران به آن مسئله توجهی نکرده بودند؟

ب) تانکری که محتوی اولیوم 60 درصد بود، به واحد رسید. شیلنگ تانکر خراب بود. از این رو اپراتورها از شیلنگی که ویژه‌ی اولیوم 20 درصد بود استفاده کردند. پس از 45 دقیقه اولیوم نشت کرده و مقادیر زیادی از آن وارد محیط گردید. اپراتورها تصور نمودند که حتماً شیلنگ معیوب بوده است. از این‌رو این شلنگ را با شلنگ مشابهی تعویض نمودند. پس از 15 دقیقه نشت دیگری رخ داد. این حادثه یکی دیگر از موارد قبولاندن یک فرضیه به ذهن با وجود اشتباه بودن آن است که در بخش 5-3-3 مورد بحث قرار گرفته است. اپراتورها با وجود نشت شیلنگ با تکیه بر این نظریه که شیلنگ مختص اولیوم 20 درصد برای هرنوع اولیومی مناسب می‌باشد، از آن استفاده نمودند. آیا اپراتورها می‌دانند کدام شیلنگ برای کدام ماده مناسب است؟



شکل 3-7: شیلنگ پاره گشت و اپراتور مجروح گردید. شیلنگ که از نوع نامناسب بود، خراب شده و در موقعیت بد قرار گرفته بود.

اگر تنوع شیلنگ‌هایی که مورد استفاده قرار می‌گیرند به حداقل برسد، درصد اشتباهات و خطاها نیز کاهش می‌یابد. سایر اشکالات ناشی از شیلنگ‌ها در بخش 2-13 توضیح داده شده است.

7-2: کنترل نشتی‌ها

7-2-1: شیرهای جداکننده‌ی اضطراری (EIV)

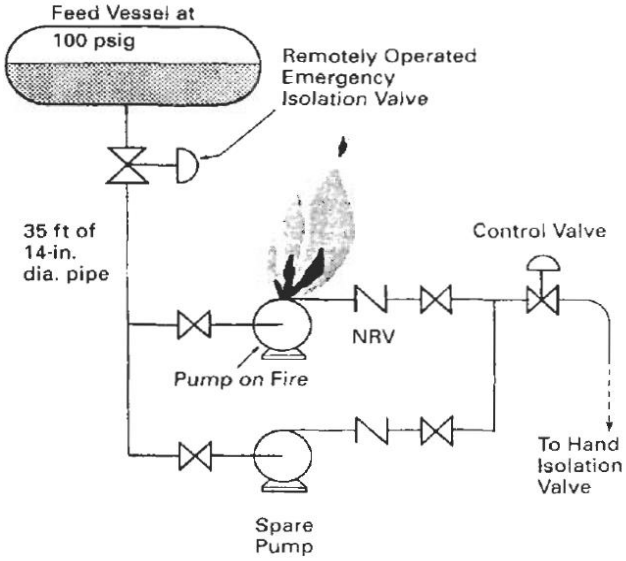
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

با استفاده از شیرهای جداکننده‌ی اضطراری از بروز آتش‌سوزی‌ها جلوگیری به عمل آمده و یا با سرعت مهار شده‌اند. نمی‌توان این شیرها را بر روی خطوطی نصب نمود که به کلیه دستگاه‌هایی که احتمال نشتی داشتن در مورد آنها وجود دارد منتهی شوند. با این وجود این شیرها را روی خطوطی وصل نمود که به دستگاه‌هایی منتهی شوند که به تجربه ثابت شده احتمال نشتی دادن در مورد آنها وجود دارد. (مثلاً پمپهایی خیلی سرد و گرم یا خطوط تخلیه‌ای که در بخش 2-1-7 توضیح داده شده است) در ضمن می‌توان از این شیرها در خطوطی استفاده نمود که در صورت نشت، مقدار فراوانی از مواد یعنی چیزی حدود 50 تن یا بیشتر بیرون ریخته شود (مثلاً پمپ‌های مواد برگشتی در برج‌های تقطیر).

در تمامی این موارد به محض وقوع یک نشت، به خصوص در صورت اشتعال آن امکان دسترسی به شیرهای جداکننده‌ی دستی معمولی برای بستن آنها معمولاً وجود ندارد. مرجع شماره 3 به تفصیل در مورد شیرهای جداکننده‌ی اضطراری توضیح می‌دهد و حوادث زیر نشان می‌دهند که این شیرها تا چه حد می‌توانند مفید باشند. این شیرها می‌توانند به طور نیوماتیکی (با فشار هوا) برقی و برخی اوقات به صورت هیدرولیکی (با فشار مایع) کار نمایند.

الف) نشت نفت سبک از یک پمپ منجر به آتش‌سوزی گردید. بر طبق گزارش، ارتفاع شعله‌ها به حدود 10 متر می‌رسید. اپراتور از اتاق کنترل شیر کنترل از راه دوری را که در خط مکش پمپ قرار داشت، بست. به محض بستن این شیر، شعله‌ها فرو نشستند و آتش در عرض 20 دقیقه خاموش گردید. در چنین موقعیتی بستن یک شیر دستی که در محل مشابهی قرار داشت امری محال بود و اگر شیر اضطراری در دسترس نبود، آتش‌سوزی برای چندین ساعت همچنان ادامه می یافت. همچنین شیر اضطراری مرتباً آزمایش شده بود و از سالم بودن آن اطمینان کامل به شمار می‌رفت. در طول آزمایش شیر نمی‌توانست به طور کامل بسته شود و تا نیمه، بسته شده بود.

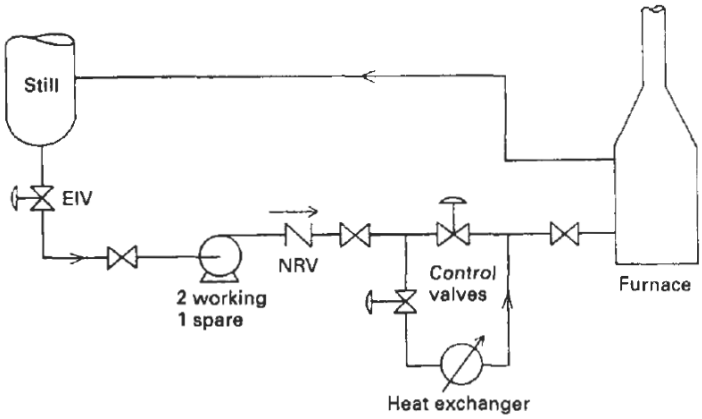
جریان برگشتی قسمت تخلیه‌ی پمپ توسط شیر یکطرفه‌ای مهار شده بود. به علاوه شیر کنترل و شیر دستی که از محل آتش‌سوزی فاصله‌ی زیادی داشتند، بسته شده بودند (شکل 4-7).



http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شکل 4-7: آتش‌سوزی توسط شیر جداکننده‌ی اضطراری مهار گردید.

ب) یاتاقان روی پمپ خوراک دهنده به کوره‌ای از کار افتاد و باعث خرابی واشر نفت داغ گردید. نفت آتش گرفت اما به محض مشاهده‌ی آتش، شیر جداکننده‌ی اضطراری مستقر در خط مکش پمپ فوراً بسته شده و آتش بزودی خاموش گردید (شکل 5-7).



شکل 5-7: آتش‌سوزی توسط شیر جداکننده‌ی اضطراری دیگری مهار گردید.

شیر کنترل مستقر روی خط انتقال خوراک به کوره نیز بسته شد. متأسفانه این شیر توسط لوله‌ای که به مبدل حرارتی می رفت بای‌پاس شده بود. در گرماگرم کار هیچ‌کس به این فکرش خطور نکرد که شیر موجود در خط بای‌پاس را ببندد. علاوه بر این، شیر یک طرفه نیز کار نمی‌کرد. جریان برگشتی نفت از کوره با بسته شدن شیر دستی مجاور کوره متوقف گردید. این شیر در سی متری محل واقعه قرار داشت.

پس از این ماجرا شیر جداکننده‌ی اضطراری دیگری در خط تخلیه‌ی پمپ نصب شد. بعد از آتش‌سوزی معلوم گردید که شیرهای یکطرفه‌ی هر سه پمپ از کار افتاده بودند. همچنین جای پیچ یکی از آنها هرز گشته بود. پین آزاد (پین تکیه‌گاه) یک شناور دیگر به طرز نامطلوبی پوسیده شده و پین سوم درست از وسط پوسیده و دریچه شل گشته بود. شیرهای مزبور از زمان تأسیس واحد مورد بازرسی قرار نگرفته بودند.

شیرهای یکطرفه در بین بسیاری از اپراتورها سابقه‌ی چندان خوشایندی ندارند. چرا که این شیرها هرگز مورد بازرسی یا آزمایش قرار نمی‌گیرند. از هیچ دستگاهی به خصوص آنهائی که حاوی قطعات متحرک هستند نمی‌توان انتظار داشت که تا ابد بدون تعمیر و بازرسی خوب عمل نمایند. زمانی که برای جداسازی اضطراری به شیرهای یکطرفه اتکا می‌شود، تدوین یک برنامه‌ی زمانی جهت بازرسی منظم آنها امری الزامی است. آتش‌سوزی فوق که شرح داده شد به شیرهای جداکننده‌ی اضطراری آسیبی نرسانده بود. اما شیر مزبور به محل آتش‌سوزی نزدیک بود. با وقوع این حادثه نیاز به تعبیه‌ی شیرهای جداکننده‌ی اضطراری در جایی که احتمال حادثه‌پذیری آنها توسط آتش کم بوده یا نیاز به استفاده از یک دستگاه محافظ در برابر آتش‌سوزی برای آن شیرها، به خوبی احساس گردید. برای این کار جعبه‌ها و کیسه‌های ضد آتش موجود هستند[5].

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در ضمن خطوط ارسال کننده‌ی علائم برقی و نیوماتیکی که به شیرهای جداکننده‌ی اضطراری منتهی می‌شوند، بایستی در برابر آتش محافظت شوند.

اگر از شیرهای کنترل برای جداسازی اضطراری استفاده می‌شود، استفاده از یک کلید خاص در بیرون واحد برای بستن آنها در مواقع اضطراری الزامی است به طوریکه دیگر اپراتورها مجبور نباشند تا برای تغییر تنظیم کنترل‌کننده‌ها (Controllers) به اتاق کنترل بروند.

دقت نمائید که شیرهای جداکننده‌ی اضطراری باید با عمل خود باعث خاموش شدن اتوماتیک هر پمپ مستقر در خط و قطع جریان سوخت به هر کوره‌ای گردند.

پ) در مقایسه، در موارد دیگر، شیرهای جداکننده‌ی اضطراری قادر به کنترل حریق نگردیدند. زیرا طبق استاندارد نصب نشده بودند. در یک مورد، آتش‌سوزی تا 6 ساعت همچنان ادامه داشت زیرا دکمه‌ای که شیر جداکننده‌ی اضطراری را کنترل می‌کرد به پمپ نشت دهنده بسیار نزدیک بود و کسی نمی‌توانست به راحتی آنرا به کار ببرد. این دکمه بایستی حداقل 10 متر دورتر از محل آتش‌سوزی نصب می‌گردید. در حادثه‌ای دیگر یک شیر جداکننده‌ی اضطراری از کار افتاد زیرا به طور مرتب آزمایش نشده بود. لازم است کلیه‌ی شیرهای جدا کننده‌ی اضطراری مرتباً ماهی یک بار آزمایش شوند. اگر بستن این شیرها در امر تولید اختلالی ایجاد می‌کند، لازم است که به صورت نیمه بسته نگاه داشته شده و در زمان خاموشی واحد کاملاً آزمایش شوند.

ت) البته شیرهای جداکننده‌ی اضطراری اگر در مواقع نیاز از آنها استفاده نشود هیچ ارزشی نخواهند داشت. برخی اوقات هنگام نشت یک ماده‌ی خطرناک، اپراتورها وسوسه شده‌اند که بدون خاموش نمودن واحد، نشتی را از آن ایزوله نمایند. برای انجام این کار آنها دست به کارهای خطرناک غیر ضروری زده‌اند. مثلاً پروپیلن از یک پمپ در داخل یک ساختمان به شدت نشت نمود و چهار کارگر شدیداً مجروح گردیدند.

بعد از آن، جهت انتقال پمپ‌ها به هوای آزاد و محصور کردن آنها با پوشش بخار و نیز نصب شیرهای تخلیه و شیرهای جداکننده‌ی کنترل از راه دور مبالغ هنگفتی صرف گردید. بدین ترتیب اگر نشت دیگری رخ می‌داد، با بستن شیر مکش پمپ و باز نمودن شیر تخلیه و خاموش نمودن موتور پمپ امکان داشت حتی بی آنکه نزدیک شدن کسی به پمپ‌ها لازم باشد جلوی نشت گرفته شود (برای اطلاعات بیشتر به بخش 1-8 مراجعه نمایید). پس از گذشت هشت سال نشتی دیگری روی داد. با وقوع چنین حادثه‌ای محوطه‌ی اطراف پمپ با توده‌ای از بخار پروپیلن به عمق یک متر پوشیده شد. به جای استفاده از وسایل اضطراری که بتواند جریان پروپیلن را متوقف ساخته و واحد را خاموش نماید، دو مکانیک مجرب واحد محوطه شدند. پمپ نشتی دار را خاموش کرده و به جای آن پمپ کمکی را به کار انداختند. خوشبختانه آن نشت باعث ایجاد آتش‌سوزی نگردید. بعد از حادثه وقتی یکی از مکانیک‌ها به دفتر کار خود برگشت، متوجه شد که به چه عمل مخاطره‌آمیزی دست زده است. او مداوم خود را سرزنش می‌کرد که چرا دست به چنین کاری زده است. وی به دلیل اشتیاق برای حفظ تولید، این نکته را فراموش کرده بود که دستگاه‌های اضطراری برای رفع نیاز به دست زدن به چنین اعمال مخاطره‌آمیزی درست شده‌اند. حادثه‌ی دیگری که امکان جلوگیری از آن توسط شیر جداکننده‌ی اضطراری وجود داشت در بخش 1-16 (ج) تشریح شده است.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

7-2-2: سایر روش‌های کنترل نشتی‌ها

روش‌های زیر با موفقیت بکار گرفته شده است.

الف) تزریق آب: با تزریق آب بجای نفت، آب نشت می‌کند. البته این روش تنها موقعی کاربرد دارد که فشار آب بیش از فشار نفت باشد.

ب) کاهش فشار واحد: با کم نمودن فشار میزان نشت کم می‌شود.

پ) بستن شیر جداکننده از فاصله‌ی دور

ت) منجمد کردن خط لوله: این روش به زمان نیاز دارد تا وسایل و تجهیزات ضروری سازماندهی شوند و تنها زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که با موادی با نقطه انجماد نسبتاً بالا مثل آب یا بنزن سر و کار داریم.

ث) تزریق یک ماده: سیال نشت‌بند به داخل فلنج نشت دهنده یا آب‌بند شیر یا روش خاصی که توسط شرکتهای سازنده ارائه می‌شود، تزریق می‌گردد.

توجه: به دلیل عدم پیروی از روش‌های صحیح حوادثی رخ داده است. دقت نمائید بیش از اندازه بر پیچها فشار وارد نشود.

ج) جلوگیری از گسترش نشت به کمک اسپری آب و یا پوشش بخار: دستگاه پوشش بخار بایستی به طور دائمی نصب گردد، در صورتی که مورد اول می‌تواند موقتی یا دائمی باشد.

چ) می‌توان با ریختن کف میزان تبخیر در استخرهای حاوی مواد مایع را کنترل نمود. از این روش می‌توان برای جلوگیری از نشت گازهایی چون آمونیاک و کلر استفاده کرد، در صورتی که از کف‌های مرغوب و مناسب استفاده ننمائیم.

ح) به منظور کاهش میزان فراریت جریان ماده نشت شده می‌توان مایعی با فراریت کم به آن افزود. برای مثال زمانی که مقداری نفت مایع (LPG) وارد لوله‌های تخلیه گردید، مقداری نفت گاز (گازوئیل) برای جذب LPG بر روی آن ریخته شد تا احتمال انفجار کاهش یابد.

7-2-3: رعایت احتیاط در حین اقدام برای جلوگیری از نشتی

در بسیاری از مواقع افراد به منظور ایزوله نمودن یک نشت، وارد توده‌ای از گاز یا بخار قابل اشتعال شده‌اند. در حادثه‌ی مورد بحث در بخش 7-2-1 (ت) این عمل جهت جلوگیری از تعطیلی کارخانه انجام گردید. اغلب، این عمل به دلیل اینکه راه، دیگری برای متوقف ساختن نشتی وجود نداشته، انجام شده است.

اگر ماده‌ی نشت شده زمانی که افراد داخل توده‌ی گاز یا بخار بوده‌اند، مشتعل میگردید، آنها به طرز فجیعی می‌سوختند. درست نیست که بگوئیم برای ایزوله نمودن یک نشتی نباید کسی وارد توده‌ی بخار یا گاز قابل اشتعال شود. مواقعی پیش آمده که بر حسب ضرورت فرد برای لحظه‌ای ریسک کرده و نشتی

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

را ایزوله نموده است که اگر در مسافت بیشتری پخش می‌گشت احتمالاً موجب آتش‌سوزی و شاید هم انفجار می‌گردید. با وجود این بایستی به کمک شیرهای جداکننده‌ی اضطراری کنترل از راه دور، منابع نشتی احتمالی را ایزوله کرده و سعی نمائیم که اشخاص را در تماس مستقیم با مواد قرار ندهیم.

می‌توان یک نشتی را به صورت دستی با عقب راندن بخار حاصل از آن به کمک اسپری آب ایزوله نمود اما شخصی هم که اقدام به بستن شیر می‌نماید باید به طریق مشابهی محافظت گردد.

انجمن ملی اطفای حریق در رابطه با چگونگی انجام این روش می‌تواند مجموعه‌ای از اسلایدها و فیلم‌ها ارائه دهد.

از آشکارسازها گاز قابل احتراق می‌تواند برای اندازه‌گیری میزان نشت گاز یا بخار قابل اشتعال استفاده نمود. ممکن است در صورت کم بودن میزان نشت به شخص اجازه داده شود (و البته نباید از او انتظار داشت) تا دستان خود را که بخوبی محافظت شده وارد توده‌ای از گاز قابل اشتعال نماید. اما فرد، تنها در موقعیت‌های استثنایی مجاز است تا قسمت‌های بیشتری از بدن خود را به داخل توده‌ی گاز ببرد.

7-3: پخش مواد نشت‌شده روی آب یا زمین مرطوب

در بخش 4-4-1 در مورد پخش شدن مواد نشت‌شده روی استخرهای آب به میزانی بیش از حد انتظار سخن به میان آمد. یکی از مواد نشت شده توسط فرد جوشکاری مشتعل گردید که بیست متر دورتر از محل نشت مشغول به فعالیت بوده و یک ماده‌ی نشت شده‌ی دیگر با ورود به داخل یک کانال، یک کیلومتر دورتر آتش گرفت. در یک مورد دیگر، قطرات نفت به درون زمین نفوذ نموده و پس از یک باران سنگین به سطح زمین آمد. در سال 1966 بنزین نفوذ کرده به داخل زمین در Essex انگلیس پس از گذشت دو سال مجدداً در روی سطح زمین پدیدار گردید و بخار جمع شده در طبقه‌ی هم‌کف خانه‌ای آتش‌گرفت و با ایجاد سوراخی در پلکان، دو نفر را مجروح ساخت. در نتیجه جهت بازیابی بنزین باقیمانده، مجبور به حفر گودالی به عمق 7 متر گردیدند[2].

در موارد دیگر، قطرات نفت به داخل فاضلاب نشت نموده و از آن طریق به داخل خانه‌ها راه یافته است. اگر مقدار قابل توجهی به داخل زمین نفوذ نماید برای بازیابی آن بایستی به حفر چاه یا گودال اقدام نمود.

7-4: تشخیص نشتی‌ها

در خیلی از مواقع آشکارسازهای گاز قابل احتراق وقوع نشتی را کمی پس از آغاز آن خبر داده و اقدامات لازم جهت کنترل آن فوراً انجام شده است. زمانی که گازهای مایع قابل اشتعال و سایر مایعات آتش‌زا مورد استفاده قرار می‌گیرند یا به تجربه ثابت شده که احتمال یک نشت عمده وجود دارد، نصب این آشکارسازها شدیداً توصیه می‌شود.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

با وجود این، این آشکارسازها نیاز به سرکشی‌های منظم به کارخانه توسط اپراتورها را رفع نمی‌کند. با این وجود واحدهایی که در زمینه‌ی نصب آشکارسازهای گاز به سرمایه‌گذاری هنگفتی دست زده‌اند، گزارش داده‌اند که نیمی از موارد نشتی توسط اپراتورها کشف شده‌اند.

7-5: نشتی‌های دائمی

نسبت به مسئله نشتی‌های کم اما دائمی از فلنج‌ها و واشرهای مربوط به شیرها و پمپ‌ها، شیرهای اطمینان و غیره که در محیط کار در مقادیر کمِ دائمی انباشته شده و ممکن است در دراز مدت آثار سمی ایجاد نمایند، علاقه‌ی فزاینده‌ای ایجاد گردیده است. در مرجع شماره‌ی 13، اطلاعات منتشر شده در زمینه‌ی میزان نشتی از تجهیزات گوناگون و راه‌های کاهش آن جمع‌بندی شده است. طبق اطلاعات مندرج در مرجع شماره‌ی 14 بیش از نیمی از کل نشتی‌های یک پالایشگاه از واشرهای موجود در شیرها منشاء می‌گیرند. اعداد واقعی در این مورد عبارتند از:

منبع نشتی	درصد از کل موارد نشتی
فلنج‌ها	8
شیرها	57
کمپرسورها	3
پمپ‌ها	12
شیرهای اطمینان	1
جداکننده‌ها	4
برج‌های خنک‌کننده	7
لوله‌های تخلیه	8

Refrence:

1. Health and Safety Executive, The Explosion and Fire at Chenzstnr Ltd.! 6 September 1981, Her Majesty's Stationery Office, London, 1982.

2. C. T. Adcock and J. D. Weldon, Chemical Engineering Progress, Vol. 63, No. 8, Aug. 1967, p. 54.

3. T. A. Kletz, Clzemical Engineering Progress, Vol. 71, No. 9, Sept. 1975, p. 63.

4. T. A. Metz. Hydrocarbon Processing, Vol. 58, No. 1, Jan. 1979. p. 243.

5. H. G. Simpson, Pori-er and Works Engineering, May 8. 1974, p. 8.

6. J. McQuaid and R. D. Fitzpatrick, J. of Hazardous Materials, Vol. 5, 1983, p. 121; and J. McQuaid, J. of Hazardous Materials, Vol. 5, 1983, p. 135.

7. Petroleum Times, Apr. 11, 1969.

http://mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

8. K. Moodie. Plant/Operations Progress, Vol. 4, No. 4. Oct. 1985, p. 234.
9. M. Symalla, Hydrocarbon Processing, Vol. 63. No. 7, July 1984, p. 83.
10. A. E. Choquette, Hydrocarbon Processing, Vol. 63, No. 7, July 1984,

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل هشتم

گازهای قابل اشتعال مایع

در این فاصله چند حادثه در رابطه با گازهای مایع قابل اشتعال (LPG) مورد بحث قرار گرفته که فقط در اثر استفاده از این مواد (یا سایر مایعات آتش‌زای قابل اشتعال) می‌توانستند رخ دهند.

خاصیت گازهای LPG که آنها را بسیار خطرناک می‌کند این است که این گازها معمولاً در دمای بالای نقطه‌ی جوش نرمال خود و تحت فشار، ذخیره و حمل می‌شوند. بنابراین گاز نشت شده به صورت ناگهانی تبخیر شده و بیشتر آن به بخار و اسپری تبدیل می‌شود. بخار مزبور قبل از اینکه به منبع اشتعال برسد، تا صدها متر می‌تواند پخش شود.

مقدار بخار و اسپری ایجاد شده می‌تواند از مقدار بخار تولید شده که از روی تئوری با استفاده از روش موازنه‌ی حرارتی محاسبه می‌گردد بسیار بیشتر باشد.

بخار مقداری از مایع را به صورت اسپری با خود حمل می‌نماید که در تماس با هوا ممکن است به بخار تبدیل شود. به هر جهت بسیار احتمال دارد که بخار مزبور منفجر شده یا بسوزد.

هر مایع قابل اشتعالی که تحت فشار بالای نقطه‌ی جوش نرمال خود قرار دارد همانند یک گاز مایع قابل اشتعال عمل خواهد نمود. گازهای مایع قابل اشتعال بارزترین نمونه‌ی یک مایع با تبخیر ناگهانی به شمار می‌آیند. بیشتر انفجارات ناشی از اشتعال ابر بخار محبوس نشده (از جمله حادثه‌ی Flixborough، بخش 4-2) بر اثر نشت اینگونه مایعات آتش‌زا رخ داده‌اند.

عبارت گاز نفت مایع (LPG) اغلب برای تعریف گازهای مایع قابل اشتعال بکار می‌رود که از نفت مشتق شده‌اند. البته برای LPG ترجیح داده می‌شود. LPG شامل موادی از قبل اکسید اتیلن[1]، کلرید وینیل[2] و متیل آمین‌ها[3]یی است که تا جائی که به خواص مربوط به تبخیر ناگهانی و آتش‌زایی آنها مربوط می‌شود یکسان رفتار می‌کنند. گازهای مایع قابل اشتعالی که در فشار اتمسفریک (فشار جو) و دمای پایین نگهداری می‌شوند در مقایسه با آنهایی که تحت فشار و در دمای اتمسفریک هستند، نسبتاً متفاوت عمل می‌نمایند. در بخش 5-2 حادثه‌ای در رابطه با این مواد توضیح داده شده و در بخش 5-1-8 نیز حادثه‌ی دیگری مورد بحث قرار گرفته است.

8-1: نشت‌های عمده

8-1-1: حادثه‌ی FEYZIN

[1] Ethylen Oxide
[2] Vibyl Chloride
[3] Methylamines

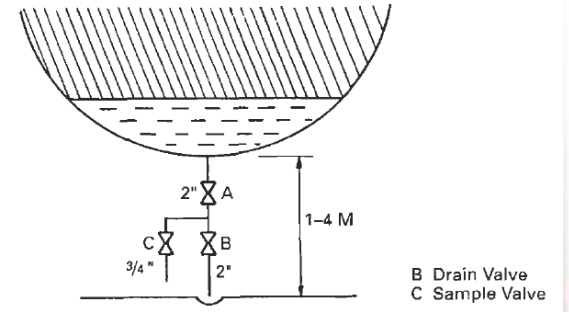
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

انفجار یک مخزن تحت فشار بزرگ در FEYZIN فرانسه، در سال 1966 یکی از فجیع‌ترین حوادث در رابطه با LPG به شمار می‌آید، اما این حادثه توسط حوادثی که در مکزیکو سیتی رخ داده تحت شعاع قرار گرفته است. (به بخش 4-1-8 مراجعه نمایید). این حادثه باعث گردید تا بسیاری از کمپانی‌ها در استانداردهای خود در ارتباط با ذخیره‌سازی و بکارگیری این مواد تجدید نظر کنند. از آنجائی که هیچ گزارش مفصلی در این رابطه منتشر نشده، حادثه‌ی مزبور در اینجا مورد بحث قرار می‌گیرد. این اطلاعات تا حدودی بر اساس مراجع 3 تا 6 و همچنین گفتگوی انجام شده با فردی که مدت کمی پس از آتش‌سوزی از سایت بازدید به عمل آورده تهیه شده است.

اپراتوری می‌بایست آب را از یک مخزن ذخیره‌سازی کروی با حجم 1200 مترمکعب که تقریباً مملو از پروپان بود، تخلیه می‌نمود (شکل 1-8). او شیرهای A و B را باز کرد. وقتی اثرات روغن نشان داد که عمل تخلیه تقریباً به اتمام رسیده، وی شیر A را بست و سپس آن را باز نمود تا عمل تخلیه کامل انجام پذیرد. هیچ آبی به بیرون نیامد. اپراتور شیر A را به طور کامل باز کرد. گرفتگی که احتمالاً از هیدرات ناشی می‌شد ناگهان برطرف شده و مایع داخل مخزن بر روی اپراتور و دو تن دیگر پاشیده شد. دستگیره شیر A کند شده و آنها نتوانستند آنرا به جای خود برگردانند.

شیر B منجمد گردیده و امکان حرکت دادن آن فراهم نبود. امکان دسترسی به شیرهای تخلیه کم بود زیرا کنار مخزنی قرار داشتند که فقط 1/4 متر از سطح زمین فاصله داشتند.

یک ابر بخار قابل رؤیت (به عمق یک متر) تا 150 متر پخش شده و 25 دقیقه پس از شروع نشت توسط اتومبیلی که روی جاده‌ی مجاور توقف کرده بود مشتعل گردید. هرچند جاده‌ی مزبور توسط نیروهای پلیس بسته شده بود ولی راننده از یک جاده‌ی فرعی برای عبور استفاده نمود. آتش‌سوزی به مخازن مزبور که با شعله‌ها احاطه شده بودند سرایت کرد و آن حادثه را رقم زد.



شکل 1-8: شیرهای تخلیه‌ی زیر مخزن پروپان در حادثه‌ی FEYZIN

در این حادثه هیچ انفجاری به وقوع نپیوست. مخزن به دستگاه‌های اسپری آب مجهز بود. اما این سیستم فقط برای پاشیدن نصف مقدار آبی که معمولاً توصیه می‌شود طراحی شده بود (حداقل 0/2 گالون بر فوت مکعب در دقیقه و یا حداقل 8 لیتر بر متر مربع در دقیقه) و ذخیره آب نیز کافی نبود. هنگامی که مأموران آتش‌نشانی اقدام به استفاده از شیلنگ‌های خود نمودند، منبع تغذیه کننده‌ی آب به مخازن خشک گردید. به نظر می‌رسید که مأموران آتش‌نشانی با اعتقاد به اینکه شیر اطمینان هنگام

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

آتش‌سوزی از مخزن محافظت می‌نماید، برای خنک نمودن مخازن مجاور از قسمت اعظم آب موجود استفاده کرده‌اند تا از سرایت آتش جلوگیری نمایند.

زمین زیر مخزن تراز بود طوریکه اگر پروپانی تبخیر نمی‌گشت یا نمی‌سوخت فوراً زیر مخزن جمع می‌گردید و بعداً می‌سوخت. نود دقیقه پس از شروع آتش‌سوزی، مخزن منفجر گردید. ده تن از 12 مأمور آتش‌نشانی که داخل محدوده‌ی 50 متری اطراف مخزن بودند کشته شدند. کسانی که در 140 متری محل واقعه بودند، توسط موجی از پروپان که از دیوار محوطه گذشته بود به طرز فجیعی سوختند. در مجموع 15 تا 18 نفر کشته (رقم‌های متفاوتی در گزارشات قید شده) و تقریباً 80 تن مجروح گردیدند. محوطه متروک گشت. ترکش‌های به هوا پرت شده، پایه‌های مخزن کروی مجاور را شکسته و در نتیجه مخزن به زمین افتاد. شیر اطمینان مخزن، مایع داخل آنرا تخلیه نموده و در نتیجه بر دامنه‌ی آتش افزوده شد و 45 دقیقه بعد مخزن دوم نیز منفجر گردید. جمعاً 5 مخزن و دو مخزن تحت فشار دیگر منفجر گشتند و سه مخزن دیگر خسارت دیدند. آتش به مخازن بنزین و مازوت نیز سرایت نمود.

در ابتدا فکر می‌کردند که به دلیل بسیار کوچک بودن شیرهای اطمینان، مخازن منفجر شده‌اند. اما بعداً فهمیدند که فلز موجود در قسمت بالای مخازن توسط حرارت نرم شده و استحکام خود را از دست داده است. زیر سطح مایع، مایع جوشان، فلز را خنک نگاه می‌داشت. حوادثی از این قبل که بر اثر آن، مخزنی به دلیل داغ شدن فلز موجود در آن منفجر می‌شود، به عنوان انفجارات ناشی از بخار منبسط شده‌ی مایع جوشان (BLEVES)[1] شناخته شده‌اند.

به منظور جلوگیری از وقوع چنین حوادثی، پس از حادثه‌ی FEYZIN بسیاری از کمپانی‌ها توصیه‌هایی نظیر آنچه در زیر آمده به مورد اجرا در آورده‌اند:

توصیه‌هایی جهت پیشگیری از وقوع آتش‌سوزی:

- اندازه‌ی شیر تخلیه‌ی ثانویه را به $\frac{3}{4}$ اینچ محدود کرده و آن‌را حداقل در یک متری شیر اولیه نصب نمایید.
- خط اولیه بایستی مستحکم بوده و خوب پشتیبانی شود. انتهای آن بایستی دورتر از محوطه‌ی اطراف مخزن قرار گیرد.
- در خط تخلیه باید شیر اضطراری کنترل از راه دور نصب گردد (به بخش 1-2-7 مراجعه نمایید).
- تأسیسات جدید بایستی فقط به یک رابط زیر سطح مایع مجهز شوند. به طوریکه یک شیر ایزوله کننده‌ی اولیه‌ی کنترل از راه دور از جنس نسوز کاملاً به آن جوش خورده و دور از محوطه‌ی اطراف مخزن قرار گرفته باشند.
- آشکارسازهای گاز قابل احتراق جهت اعلام سریع نشتی بایستی نصب شوند در مرجع شماره 7 موارد بیشتری در این رابطه ارائه شده است.

[1] Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

توصیه‌هایی جهت جلوگیری از تشدید آتش‌سوزی

مخازن را با عایق‌های مقاوم در برابر آتش از قبیل بتن ورمیکولیت[1] عایق بندی نمایید. این عایق به عنوان اولین مانع ر برابر حرارت ورودی عمل می‌کند و برخلاف اسپری آب لازم نیست بکار انداخته یا راه اندازی شود.

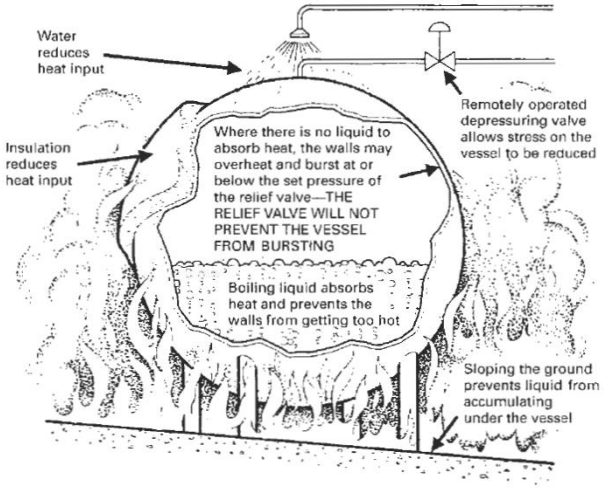
در بعضی کشورها بجای عایق‌بندی متداول از خاکریز استفاده می‌کنند. مخزن کاملاً از شن یا سایر مواد تمیز پوشیده می‌شود. بایستی قسمت‌هایی از پوشش شن را هر از گاهی برداشت تا بیرون مخزن قابل بازرسی باشند.

باید از سیستم تولید اسپری یا رگبار آب استفاده شود. اگر مخزن عایق‌بندی شده باشد، رگبار آب به میزان حداقل 0/06 گالون بر فوت مربع در دقیقه (حداقل 2/4 لیتر بر متر مربع در دقیقه) کفایت می‌نماید. اگر عایق بندی صورت نگرفته باشد، اسپری آب به میزان حداقل 0/2 گالون بر فوت مربع در دقیقه (حداقل 8 لیتر بر متر مربع) لازم است. (رگبار آب از بالا روی مخزن ریخته می‌شود، در حالیکه اسپری به روی تمام سطح مخزن پاشیده می‌شود).

زمین باید شیب‌دار باشد طوریکه مایع سرازیر شده در یک گودال جمع شود.

یک شیر اضطراری کاهنده‌ی فشار باید نصب گردد تا فشار مخزن بتواند ظرف 10 دقیقه به $\frac{1}{5}$ مقدار طراحی شده‌ی آن افت پیدا کند و در نتیجه استرس وارد آمده بر فلز کاهش یابد. اگر مخزن عایق‌بندی شده باشد، این زمان به 30 دقیقه و علاوه بر آن در صورتی که زمین نیز شیب‌دار باشد به یک ساعت قابل افزایش می‌باشد.

جزئیات بیشتری در این رابطه منتشر شده است. در شکل (8-2) این پیشنهادات جمع‌بندی گردیداند.



شکل 2-8: روش‌های حفاظت از یک مخزن تحت فشار در برابر آتش‌سوزی

[1] مخلوط سیلیکاتهای هیدراته‌ی آهن، آلمینیوم و منیزیوم (مترجم)

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

8-1-2: حادثه‌ی DUQUE DE CAXIAS

در سال 1972 نظیر حادثه‌ای که در FEYZIN رخ داده، در این پالایشگاه واقع در برزیل اتفاق افتاد. طبق گزارشات مطبوعات، هنگام افزایش فشار در مخزن LPG شیر اطمینان باز نکرده بود. به منظور کاهش فشار، اپراتورها شیر تخلیه را باز کردند، کمی آب خارج شد و LPG ای که به دنبال آن باعث گردید که شیر بخ ببندد و جریان نتوانست متوقف شود. در آنجا فقط یک شیر تخلیه وجود داشت. LPG مشتعل گردید. مخزن در اثر بخار منبسط ناشی از مایع جوشان منفجر گشته و 37 نفر کشته شدند.

در حقیقت با وجود آنکه اپراتورها سعی در کاهش فشار از طریق تخلیه آب داشتند، نمی‌دانستند که فشار بخار در بالای یک مایع به مقدار آن بستگی ندارد.

8-1-3: حادثه‌ی بریتانیای کبیر

این آتش‌سوزی چندین سال قبل رخ داد زیرا افراد دست‌اندکار تفاوت عملکرد هیدروکربن‌های مایع مثل نفتا یا بنزین را با گازهای LPG کاملاً درک نکرده بودند. بخار حاصل از بنزین جاری شده فقط تا مسافت کمی (تقریباً به قطر حوضچه‌ی حاوی آن) پخش می‌شود. اما بخار ناشی از جاری شدن LPG تا صدها متر می‌تواند منتشر گردد. برخی تجیزهات طراحی شده برای کار با بنزین و مایعات مشابه جهت کار با پروپیلن مورد استفاده قرار گرفته بودند. از واشر یک پمپ رفت و برگشتی فشار بالا که با فشار مانومتری 3625 Psi (250 بار) کار می‌نمود، یک نشتی رخ داد که ناشی از خراب شدن پیچ‌هایی بود که واشر را در محل خود نگاه می‌داشتند. پمپ در ساختمانی قرار داشت که مجهز به دستگاه تهویه نبود. ولی بخار از در ورودی بزرگ مقابل پمپ خارج شده و توسط کوره‌ای که در 75 متری محل قرار داشت مشتعل گردید و در نتیجه چهار نفر به طرز فجیعی سوختند. اما بخار حاصل از بنزین جاری در همان وضعیت به هیچ کجا در نزدیکی کوره پخش نگردید. پس از آتش‌سوزی، پمپ مذکور (و سایر پمپ‌ها) مجدداً در هوای آزاد، زیر سایبانی قرار داده شد. به طوریکه نشت‌های کوچک با تهویه‌ی طبیعی پخش می‌شدند. به منظور پراکنده ساختن نشت‌های بزرگتر، پمپ با پرده‌ای از بخار آب پوشیده شد. اگر پمپ 150 متر دورتر از منابع اشتعال قرار داده می‌شد، انجام اینکار چندان ضرورت نداشت. جهت اعلام سریع هرگونه نشتی، آشکارسازهای گاز نصب گردیدند و جهت ایزوله نمودن مطمئن پمپ‌ها از فاصله‌ای دور، شیرهای ایزولاسیون اضطراری بکار گرفته شدند (بخش 1-2-7). در بخش 1-2-7 (ت) توضیح داده شده است که هنگام وقوع دومین نشت چه حادثه‌ای به وقوع پیوست.

توجه نمایید که بدون هیچ تردیدی عامل مشترک در حوادث 1-1-8 الی 3-1-8 غفلت افراد دست‌اندرکار در درک خواص مواد و تجهیزات بوده است.

8-1-4: حادثه‌ی مکزیکو سیتی

آتش‌سوزی و انفجار یک واحد فرآوری و مرکز توزیع گاز نفت مایع (LPG در واقع 80 درصد بوتان، 20 درصد پروپان) در نوامبر سال 1984 در San Junico واقع در حومه‌ی مکزیکوسیتی، یکی از

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فجیع‌ترین حوادثی بود که تاکنون در صنایع شیمیایی و نفت رخ داده و تنها حادثه‌ی Bophal شدیدتر از آن بوده است. طبق آمار و ارقام رسمی در این حادثه 542 نفر کشته، 4248 تن مجروح و نزدیک به ده هزار نفر بی‌خانمان شدند. اما برآوردهای غیر رسمی بالاتر از این را نشان می‌دهد. این فاجعه زمانی به وقوع پیوست که یک خط خط لوله‌ی LPG به قطر 8 اینچ منفجر گردید.

علت این مسئله مشخص نگردید ولی بنا به یک گزارش به دلیل سرریز شدن یک مخزن، خط ورودی تحت فشار زیادی قرار گرفته بود. مشخص نبود که چرا شیر اطمینان باز نکرده است. تقریباً 5 تا 10 دقیقه پس از شروع نشت، ابر گاز قبل از مشتعل شدن (به وسیله مشعلی که هم سطح با زمین بود)، منطقه‌ای به وسعت 200 متر در 150 متر را فرا گرفت. ابر گاز سوخت و ناپدید گردید ولی گازی که در کناره ی لوله‌ی شکسته باقی مانده بود همچنان در حال سوختن بود و همین شعله، مخزن LPG را گرم نموده و در اثر آن بخار منبسط مایع جوشان منفجر شده وخسارات و انفجارات بیشتری را ببار آورد. مجموعاً چهار مخزن کروی و 15 مخزن استوانه‌ای در طول 1/5 ساعت بعد در اثر بخار منبسط مایع جوشان منفجر گردیده و تعدادی از مخازن در فاصله ی 1200 متری واحد به زمین افتادند.

اکثر کسانی که کشته و یا زخمی شدند، از ساکنین خانه‌های سازمانی نزدیک واحد بودند. هنگامی که واحد ساخته شد، نزدیکترین خانه‌ها در فاصله‌ی 360 متری محل بودند ولی به آنها اجازه داده شد تا داخل زمین حائل بین واحد و خانه‌ها پیشروی نمایند، در نتیجه نزدیک‌ترین خانه‌ها فقط 130 متر از واحد فاصله داشتند.

اگرچه قسمت اعظم واحد تنها چند سال پیش ساخته شده بود (برخی قسمت‌ها دارای قدمت 20 ساله بودند). اکثر توصیه‌های مندرج در بخش 1-1-8 که از گزارش منتشره در سال 1970 اتخاذ گردیده ظاهراً در طراحی واحد دنبال شده بودند. برای مثال:

هیچ آشکارساز گازی نصب نشده بود، سیستم رگبار آب ناکافی بود (یا از کار افتاده بود)، از هیچ عایقی در برابر آتش استفاده نشده بود و یا در صورت استفاده ناکافی بود (حتی پایه‌های مخزن کروی عایق بندی نشده بودند) و ناودان‌های اطراف مخزن باعث گردیدند تا LPG در جائی که بیشترین زیان را وارد می‌کرد، جمع شود و مخازن در زیر سطح مایع درون خود دارای رابطهای زیادی بودند.

علاوه بر این، واحد به نظر پرجمعیت بوده و بسیار نزدیک به محل تجمع افراد قرار داشت. فاصله‌ی مناسب برای یک محوطه‌ی بزرگ شامل واحدهای فرایندی LPG، 600 متر توصیه شده است نه 360 متر از اول در نظر گرفته شده یا 160 متر که فاصله‌ی واقعی در زمان وقوع حادثه بوده است.

در Bophal نیز (به فصل پایانی کتاب مراجعه شود)، توسعه‌ی کنترل نشده‌ی خانه‌های سازمانی عامل بروز تلفات سنگین به شمار می‌آمد.

8-1-5: حادثه‌ی قطر

حوادثی که تا اینجا تشریح شدند، در برگیرنده‌ی LPG ای بودند که در دمای اتمسفریک تحت فشار نگهداری می‌شود. LPG همچنین می‌تواند در دمای پایین و فشار اتمسفریک نگهداری شود و اغلب این روش برای ذخایر بزرگ قابل استفاده می‌باشد. زیرا به دلیل فشار پایین، میزان نشتی از سوراخی با اندازه‌ی معین کمتر و به دلیل دمای پایین، میزان تبخیر نیز کمتر می‌باشد. با این وجود، وقتی تصمیم

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

گرفته می‌شود که از روش ذخیره‌سازی استفاده گردد، به طور کلی بایستی احتمال وقوع نشت از کل تأسیسات شامل واحدهای تبخیر و تبرید (سرد کننده) نیز در نظر گرفته شود. کاهش دادن احتمال نشت مخازن ذخیره‌سازی با استفاده از دستگاه‌های اضافی که خود آنها احتمال نشت را افزایش می‌دهند سودی نخواهد داشت.

در سال 1977 نشریات فنی گزارش دادند که آتش‌سوزی و انفجار ناشی از نشت پروپان مایع از یک مخزن 20 هزار مترمکعبی در قطر هفت تن را کشته و خسارات سنگین به بقیه‌ی واحد وارد ساخت. یک سال قبل قبل از آن نیز مخزن مزبور نشتی داده بود که پروپان نشت شده مشتعل نشده و مخزن تعمیر گردید. پروپان در دمای 42 درجه‌ی سانتی‌گراد و فشار اتمسفریک نگهداری می‌گشت. بنا به دلایل قانونی هیچ گزارش مفصلی از این حادثه به چاپ نرسید. ولی یکی از اعضای شرکت مربوطه چندین مقاله منتشر نمود که در آنها برای ساخت مخازن حاوی LPG های سرد شده، توصیه‌های جدیدی ارائه کرده بود و بدین ترتیب می‌توان از لابلای مطالب این مقالات حدس زد که احتمالاً چه اتفاقی افتاده است.

طبق توصیه‌های اخیر، مخازن حاوی LPG سرد شده بایستی از موادی چون فولاد 9 درصد ساخته شوند زیرا در صورت ترک خوردگی در این نوع از فولاد ترک ایجاد شده پخش نمی‌شود. قبلاً سیاست بسیاری از شرکت‌ها این بود که به مسئله جلوگیری از ترک‌خوردگی بیش از خواص ضد ترک‌خوردگی مواد بکار رفته در ساختمان مخازن اهمیت داده می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد که در حادثه‌ی قطر ترکی شروع شده و با وجود احتیاطاتی که جهت جلوگیری از وقع اینگونه حوادث صورت گرفته بود به سرعت منتشر شده است. دلیل بروز ترک اولیه شناخته نشده است. ممکن است این مسئله به تعمیراتی که به دنبال ترک ایجاد شده در سال گذشته صورت گرفته بود ربط داشته باشد. طبق یک گزارش، ترک به دلیل حمله‌ی باکتری‌های موجود در آب دریا (که جهت آزمایش فشار بکار رفته بود) به یک ناحیه‌ی جوش خورده ایجاد شده است.

با این حال، علت بروز ترک در مقایسه با انتشار سریع آن در درجه ی دوم اهمیت قرار دارد. این حقیقت در حال حاضر کاملاً پذیرفته شده است که با از بین بردن منابع اشتعال نمی‌توان از وقوع انفجارات و آتش‌سوزی‌ها جلوگیری نمود. ما آنچه را که بتوانیم انجام می‌دهیم ولی با وجود این، حوادث به وقع می‌پیوندند. بنابراین باید سعی نماییم که از تشکیل مخلوطهای قابل انفجار جلوگیری نمائیم. به طریق مشابه در حال حاضر بحث بر سر این است که ما قادر به از بین بردن تمامی عوامل ایجاد ترک‌ها نمی‌باشیم و بنابراین بایستی مطمئن گردید که در صورت به وجود آمدن یک ترک از گسترش و انتشار آن جلوگیری به عمل آید.

در حادثه‌ی قطر، مایع با چنان فشاری خارج گشت که از دیواره‌ی ناودان بالا زد. دیوارهای ناودان‌های رایج نیز این عیب را دارند که در صورت وقوع یک نشت حجم عظیمی از مایع را در معرض هوا قرار می‌دهند. به همین دلیل، محصور نمودن مخازن ذخیره‌سازی مایعات کرایوژن (Cryogenic) با یک دیواره‌ی بتنی (به فاصله یک متری از مخزن و هم ارتفاع با آن) متداول شده است. اگر مخزن از یک ماده‌ی مقاوم در برابر ترک‌خوردگی ساخته نشده باشد، آنوقت دیوار بتنی باید طوری طراحی شود که بتواند در برابر آثار ناشی از آزاد شدن ناگهانی مایع درون مخزن مقاومت نماید.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

8-2: نشت‌های جزئی

الف) به دنبال حادثه‌ی FEYZIN (به بخش 8-1-1 مراجعه نمایید)، یک کمپانی جهت بهبود استاندارد مربوط به تسیلات ذخائر LFG خود (به ویژه تجهیزات تخلیه آب) بر اساس توصیه‌هایی که در بخش 8-1-1 آمده مبلغ هنگفتی صرف نمود.

کمتر از یک سال بعد، مایع خارج شده از یک نشتی کوچک مربوط به شیر تخلیه‌ی متصل شده بر روی یک خط لوله که در حال عبور دادن مایع از داخل خود بود، آتش گرفت. آتش‌سوزی فوراً با بستن شیر مهار گردید. ولی تحقیقات انجام شده نشان داد که:

1) بایستی از دو شیر به طور سری یا یک شیر تکی با یک صفحه‌ی فلزی مسدود کننده (کور کننده) استفاده می‌گشت.

2) شیر از برنج ساخته شده و از نوعی بود که برای استفاده در سیستم‌های آب مصرفی داخلی در انبار نگهداری می‌گردید، در نتیجه نتوانسته بود در برابر فشار مایع عبور کننده از داخل خود مقاومت نماید.

3) با وجود اینکه در کدهای کمپانی مشخص شده بود که فقط اتصالات جوش داده شده و یا فلنج‌دار مجاز هستند، شیر بر روی خط لوله پیچ شده بود.

4) هرگز معلوم نگردید چه کسی این نقطه‌ی تخلیه‌ی غیر استاندارد و غیر مجاز را نصب کرده است.

سعی گردید تا درس‌های آموخته شده از FEYZIN و استانداردهای شرکت‌های مزبور و علل آنها منتشر شود. با این وجود، این کار مانع نصب نقطه‌ی تخلیه‌ی اشاره شده نگردید. به خاطر داشته باشید که در این حادثه حتماً تعدادی از افراد دخیل بوده‌اند. علاوه بر شخصی که آنرا نصب کرده و بدون بازرسی کار انجام شده‌ی آنرا تأیید نموده باشد و تعداد زیادی می‌بایست از آن نقطه‌ی تخلیه استفاده کرده باشند. بسیاری از افراد نیز حتماً به این مسئله توجه نکرده‌اند. اگر فقط یکی از آنان غیر استاندارد بودن آن شیر را تشخیص داده بود و این مسئله را به گوش مسئولان می‌رساند هرگز این آتش‌سوزی به وقوع نمی‌پیوست.

این حادثه را می‌توان به ریشه شاخه‌های ناخواسته بر روی درختان باغ خانه‌ی خودمان بر اثر بی اعتنایی به آنها تشبیه نمود.

ب) یک مخزن کروی پروپان با آب پر گردید تا در طول تا در طول تعمیر پروپان خنثی شود. زمانی که عمل تعمیر به پایان رسید، آب از مخزن تخلیه شده و بخار پروپان به بالا هدایت گردید تا جایگزین آب شود. طبق دستورالعمل، زمانی که 5 متر مکعب از آب در مخزن باقی مانده بود، عمل تخلیه باید متوقف شود. اما در این مرحله از کار کسی در محل حضور نداشت. تمام آب و به دنبال آن پروپان به بیرون از مخزن تخلیه شد. خوشبختانه پروپان مشتعل نشد. اپراتورها کار را ترک کرده بودند، زیرا نمی‌دانستند ترازنما که وزن را اندازه‌گیری می‌نماید سطح آب را تقریباً دو برابر سطح واقعی نشان می‌دهد. حوادث مشابه دیگر در بخش 5-1-2 توضیح داده شده‌اند. در صورت وجود نیتروژن، بایستی مخازن به جای آب، هنگام تخلیه، آب بایستی با نیتروژن جایگزین شود. قبل از پر کردن هر دستگاهی با آب همواره کافی بودن استحکام آن را در برابر وزن آب چک نمایید.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

3-8: نشت‌های دیگر

نشت‌های دیگر متعدد LFG که عمدتاً جزئی ولی گاهی اوقات بسیار جدی می‌باشد، از تجهیزاتی که در زمین آمده رخ داده است:

اتصالات فلنج‌دار:

با استفاده از واشرهای پیچی حلزونی[1] شکل به جای واشرهایی از جنس الیاف فشرده نسوز، میزان و دفعات را می‌توان کاهش داد. تحت هیچ شرایطی نباید از اتصالات پیچی استفاده نمود.

نشت‌بندهای پمپ:

با بکارگیری نشت‌بندهای مکانیکی مضاعف یا یک نشت‌بند مکانیکی و یک برش با روزنه‌ی تنگ به طوریکه فضای بین این دو بجای امنی تهویه شده باشد می‌توان میزان نشت را کاهش داد. با این اوصاف به دلیل خراب شدن یاتاقان یا نشت‌بند، باز هم ممکن است نشت‌های بزرگی رخ دهد. از این‌رو پمپ‌های LFG بایستی به شیرهای اضطراری جدا کننده مجهز شوند (به بخش 1-2-7 مراجعه نمایید)، به ویژه اگر دما پایین یا مقدار ماده‌ای که می‌تواند نشت نماید بالا باشد.

آب‌نماها:

آب‌نماها نمی‌بایست به همراه مایعات قابل اشتعال با تبخیر ناگهانی مورد استفاده قرار گیرند. به بخش 4-1-7 مراجعه نمایید.

نقاط نمونه‌برداری

قطر این انشعابات نباید از $\frac{1}{4}$ اینچ تجاوز نماید.

انشعابات کوچک:

این انشعابات بایستی از نظر فیزیکی قوی باشند و بخوبی نگهداشته شده باشند به طوریکه تا هنگام خراب شدن در اثر فرسودگی نتوانند به طور اتفاقی از جداکنده شده و یا مرتعش شوند.

[1] Spiral-Wound Gasket

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

تجهیزات ساخته شده از درجاتی از فولاد که برای استفاده در دماهای پایین نامناسب هستند:

مواد بکار رفته در ساختمان‌های تجهیزات بایستی طوری انتخاب شوند که آنها بتوانند پائین‌ترین دمای ممکن را در طول عملیات غیر عادی تحمل نمایند. موادی که پیش از این مورد استفاده قرار می‌گیرند، تاب و تحمل دماهای عملیات عادی را داشتند ولی در طول از کار افتادن واحد یا عملیات غیرعادی که دما در نتیجه‌ی آن پایین می‌آید. به همین دلیل اختلالات چشم‌گیری در این زمینه رخ داده است.

تعویض کامل چنین موادی در واحدهای موجود غیر عملی است و هیچ راه حل کلی برای آن وجود ندارد.

تعدادی از لوله‌ها از جنس فولادهایی از درجه‌های گوناگون را می‌توان جایگزین لوله‌های قبلی کرد. برخی اوقات نمی‌توان جایگزین لوله‌های قبلی نمود. همچنین برخی اوقات می‌توان از کلیدهای قطع‌کننده‌ی دمای پایین یا آلارم‌ها استفاده بهره جست.

گاهی بایستی ضرورت مراقبت از دما را در طی راه‌اندازی به اپراتورها خاطرنشان ساخت. در بخش 4-5-1 (الف) و (ب) 9-1-6 و (ت) و (ج) و 4-13 سایر موراد نشتی LFG مورد بحث قرار گرفته است.

Refrence:

1. 9. D. Reed. ”Containment of Leaks from Vessels Containing Liquefied Gases with Particular Reference to Ammonia,” Proceedings of the First International Synposiim on Loss Pr-ei7erztion and Safehi Prornotion in the Process Induistries, Elsevier, Amsterdam. 1977. p. 191.

2. J. A. Davenport. Clzeniical Engineering Progress, Vol. 73, No. 9, Sept. 1977, p. 54.

3. The Engineer; Mar. 25. 1966, p. 475.

4. Paris Match, No. 875, Jan. 15, 1966.

5. Fire, Special Supplement. Feb. 1966.

6. Petroleum Times, Jan. 21, 1966, p. 132.

7. Imperial Chemical Industries Ltd., Liquefied Flurnvizuble Gases- Storage and Handling, Royal Society for the Prevention of Accidents, Birmingham, UK, 1970.

8. T. A. Kletz. Hydrocarbon Pr-ocessiizg, Vol. 56. No. 8, Aug. 1977. p. 98.

http://mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

9. T. A. KBetz. Lessons Froin Disaster: HON. Organications Have No Meinor?. arid Acciderits Recut; co-published by Institution of Chemical Engineers. Rugby, UK, and Gulf Publishing Co., Houston, Texas, 1993, Section 2.2.

10. T. A. Kletz, Clzernical Eizgirzeering Progress, Vol. 72, No. 11, Nov. 1976. p. 48.

.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل نهم

اختلالات مربوط به لوله‌ها و مخازن تحت فشار

9-1: اختلالات لوله

Davenport به فهرست‌بندی بیش از شصت نوع عمده‌ی مواد قابل اشتعال پرداخته، که اکثر این موارد به آتش‌سوزی‌های جدی یا انفجار ابر بخاری که محصور نشده منجر شده‌اند. جدول (9-1) که از داده‌های وی استخراج شده، نشت‌ها را بر مبنای منشاء آنها طبقه‌بندی نموده و نشان می‌دهد که صرف نظر از ظروف حمل و نقل، وجود نقص در لوله عامل بیش از نیمی از این اختلالات بوده است. بنابراین دانستن علت بروز اختلالات در لوله‌ها اهمیت دارد. در ذیل تعدادی از اختلالات نوعی مورد بحث قرار گرفته‌اند.

این اختلالات و سایر اختلالاتی که در مراجع 2 و 3 به طور خلاصه تشریح شده‌اند، نشان می‌دهد که بزرگترین و تنها دلیل بروز اختلالات در لوله‌ها تا به حال قصور گروه نصب و ساختمان در پیروی از دستورالعمل‌ها یا به نحو احسن انجام دادن آنچه به اختیار آنان واگذار شده، بوده است. مؤثرترین راه کاهش اختلالات در لوله‌ها عبارت است از:

جدول (9-1)

منشاء نشتی‌هایی که باعث انفجار ابر بخار می‌شوند

منشاء نشت	تعداد حوادث	یادداشت
ظروف حمل و نقل	10	شامل یک زپلین[1] نیز می‌شود.
خط لوله (شامل شیر، فلنج، آب‌نما و غیره)	34	شامل یک آب‌نما و 2 شیلنگ
پمپ	2	
مخزن	5	شامل یک مورد انفجار داخلی، یک مورد سرریزی و یک مورد اختلال در اثر گرم شدن بیش از حد.
شیر اطمینان یا لوله‌ی تخلیه‌ی	8	

[1] Zeppelin نوعی بالن بزرگ که تجهیزات جنگی و نفر حمل می‌نماید (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

گاز	
شیر تخلیه‌ی مایع	4
خطا در حین تعمیر و نگهداری	2
نامشخص	2
کل	67

1) مشخص کردن طرح‌ها به تفضیل

2) چک کردن دقیق مراحل نصب و ساختمان جهت اطلاع از دنبال شدن درست طرح و اینکه جزئیات مشخص نشده مطابق با روش‌های مناسب مهندسی ساخته شده باشند.

3) در نشریات بسیاری که در زمینه‌ی اختلالات در لوله‌ها منتشر شده‌اند، علت اینگونه اختلالات به عواملی چون عدم انعطاف‌پذیری آنها یا فرسودگی نسبت داده شده است. این کمکی به ما نمی‌کند و درست مانند این است که بگوییم اجسام بر اثر نیروی جاذبه‌ی زمین سقوط می‌نمایند. ما نیاز داریم بدانیم که چرا فرسودگی رخ داده یا انعطاف‌پذیری ناکافی بوده‌است. آیا بایستی به منظور جلوگیری از وقوع حوادث بیشتر، طرح ساخت، عملیات، تعمیر و نگهداری، بازرسی یا چیزهای دیگر را بهبود بخشیم یا کار دیگری انجام دهیم؟

حوادث زیر و بسیاری از حوادث دیگر بیانگر آن است که بایستی کیفیت ساخت و طراحی در ارتباط با یکدیگر بهبود یابد. این بدان معنی می‌باشد که بایستی بر جزئیات طراحی تأکید نموده و دید که آیا جزئیات طرح دنبال شده و زمانی که جزئیات مشخص نشده‌اند روش خوبی در پیش گرفته شده است یا خیر.

9-1-1: فضاهای مسدود

فضاهای مسدود در لوله‌ها اختلالات زیادی ایجاد نموده‌اند. مقدار ناچیز آب موجود در بسیاری از جریانات روغن در فضاهای مسدود لوله‌ها جمع شده و یخ بسته و همین باعث شکستن لوله‌ها گردیده یا مواد خورنده در آب حل شده و خط لوله را دچار خوردگی نمودند. برای مثال یک انشعاب مسدود شده به قطر 12 اینچ و به طول 3 متر در خط لوله‌ی گاز طبیعی با فشار مانومتری 550 Psi (38 بار) وجود داشت. آب حاصل از ناخالصی‌ها در قسمت مسدود شده جمع گردیده و باعث خوردگی و از بین رفتن آن ناحیه شدند. در نتیجه گاز متصاعد شده از آن نقطه ناگهان مشتعل شده و سه تن از افرادی که در جستوجوی نشتی بودند، درگشتند[4].

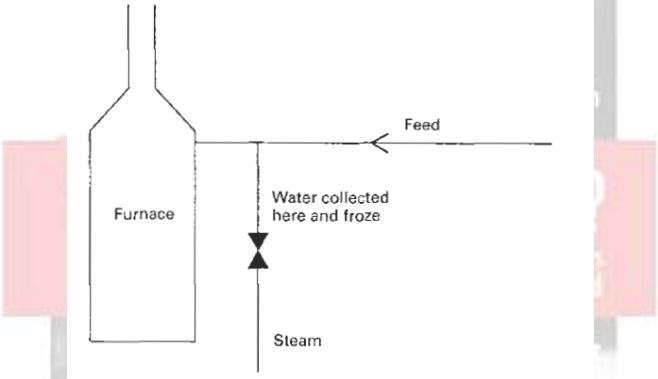
علاوه بر لوله‌های مسدود شده، انواع دیگری از موارد مسدود شدگی نیز وجود دارد. انشعابات شیر-اری که به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرند نیز به همان اندازه خطرناک هستند. یک خط تغذیه به

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

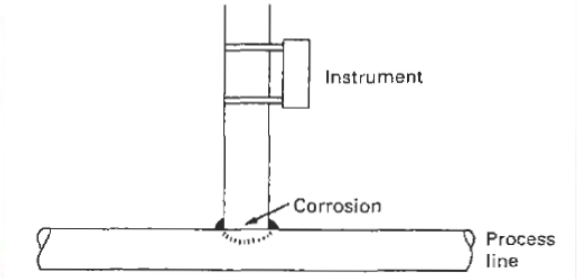
کوره (شکل 1-9) به یک لوله‌ی رابط دائمی بخار آب جهت استفاده در جریان عملیات کُک‌زدایی مجهز بود.

رابط مزبور در زیر خط تغذیه قرار داشته و شیر بخار نزدیک آن نبود. آب در بالای شیر بخار جمع شده، در هوای سرد منجمد گردید و خط مزبور را منفجر ساخت و باعث گردید که روغن با فشار 450 Psi (30 بار) از آن خارج شود.

اگر نتوان جلوی فضاهای مسدود را گرفت، بایستی آنها را در بالای خط لوله‌ی اصلی نصب نمود. در یک مورد، یک لوله‌ی مسدود غیر معمول و غیرضروری به طول 2 اینچ روی خط لوله‌ی فرایند به عنوان نگهدارنده‌ی یک وسیله‌ی ابزار دقیق جوش شده بود (شکل 2-9).



شکل 1-9: رابط بخار آب به کوره، فضای مسدودی را ایجاد نمود.

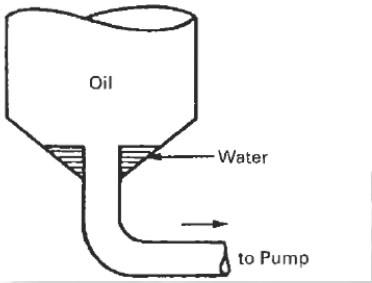


شکل 2-9: آب در نگهدارنده‌ی ابزار دقیق جمع شده و باعث خوردگی خط فرایند گشت.

آب در نگهدارنده جمع گشت. چهار سال پس از نصب نگهدارنده، خط فرایند خورده شده و گاز مایع از آن نشت نمود. یک اختلال جدی دیگر به دلیل تبخیر ناگهانی آب در فضای مسدود به وقوع پیوست. نفت سنگین موجود در یک مخزن پر از کویل‌های بخار آب، با گرم شدن تا 120 درجه‌ی سانتی‌گراد خشک گردید. با این وجود، نفت در حین خشک شدن همچنان جریان داشت. همان طور که شکل (3-9) نشان می‌دهد، خط مکش که از طریق پایه‌ی مخروطی مخزن در داخل آن جداسازی شده بود، باعث

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

ایجاد فضای مسدود گردید. تا زمانی که پمپ سیرکولاسیون (به جریان اندازنده) در حال کار بود، آب نمی‌توانست در فضای محدود جمع شود.



شکل 3-9: آب موجود در فضای مسدود توسط نفت، بخار گشت.

سرکارگری می‌دانست که پمپ بایستی در حال کار نگهداشته شود. هنگامی که او به واحد دیگری انتقال یافت، این اطلاعات به فراموشی سپرده شد و پمپ فقط جهت خالی نمودن مخزن به کار گرفته می‌گشت. کار تا مدتی به صورت رضایت‌بخش پیش رفت تا اینکه مقداری از آب در فضای مسدود جمع گردیده و به تدریج با حرارت دیدن نفت، دمای آن افزایش می‌یافت. زمانی که دما به 100 درجه‌ی سانتی‌گراد رسید، آب با شدت تمام به بخار تبدیل شده و دستگاه را منفجر نمود. نفت متصاعد شده آتش گرفت و در نتیجه، 5 نفر کشته شده و مخزن در واحد مجاور محل حادثه فرود آمد.

این حادثه خطرات فضاهای مسدود و فشار حاصله را زمانی که آب به صورت ناگهانی به بخار تبدیل می‌گردد نشان می‌دهد و بیانگر این مسئله نیز می‌باشد که اطلاعات با ترک کردن محل کار توسط افراد می‌توانند بسادگی به دست فراموشی سپرده شوند. حتی اگر به سرکارگر جدید نیز در مورد در حال کار نگاه داشتن دائمی پمپ دستوراتی داده شده و یا دستورات مکتوب شده باشند، ممکن است وی به دلیل غیر لازم دیدن ادامه‌ی کار پمپ و یا جهت صرفه‌جویی در برق دستورات مزبور را فراموش نموده و جریان روغن را متوقف نماید.

سایر حوادثی که در نتیجه‌ی تبخیر ناگهانی آب رخ داده‌اند در بخش‌های 2-12 و 5-4-12 مورد بحث قرار گرفته‌اند.

9-1-2: نگهدارنده‌های ضعیف

اغلب اوقات لوله‌ها به دلیل آنکه نگهدارنده‌ی آنها نامناسب بوده و آزادانه نوسان می‌کرده‌اند، آسیب دیده‌اند. در سایر موارد، لوله‌ها بدین دلیل آسیب دیده‌اند که نگهدارنده‌ی آنها بسیار محکم بوده و لوله‌ها براحتی نمی‌توانستند منبسط شوند.

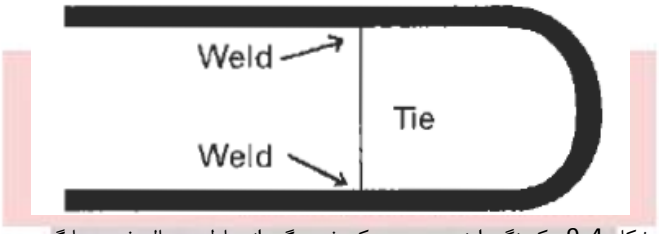
الف) بسیاری از لوله‌هایی که قطر داخلی آنها کم بوده است، در اثر فرسودگی آسیب دیده‌اند زیرا آزادانه قادر به نوسان بوده‌اند. نگهدارنده‌های این لوله‌ها معمولاً در محل نصب می‌شوند و نامناسب بودن

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

این نگهدارنده‌ها تا زمان راه‌اندازی مشخص نمی‌گردد. برای گروه راه‌اندازی که سرگرم کارهای دیگری هستند نادیده گرفتن لوله‌های مرتعش تا زمانی که وقت بیشتری برای رسیدگی به آنها داشته باشند، امری ساده است و یا آنقدر به آن لوله‌ها عادت می‌کنند که دیگر توجهی به آنها نمی‌نمایند.

در شکل (9-4) لوله‌ای در شرف خرابی نشان داده شده است. یک خمیدگی انبساطی[1] به یک خط لوله حاوی مایعِ دما بالا توسط یک نگهدارنده‌ی موقتی متصل گردید تا عمل نصب آسان‌تر شود. سپس نگهدارنده‌ی مزبور رها گردید. خوشبختانه هنگام بکار افتادن واحد، شخصی متوجه این مسئله گشت و دلیل وجود نگهدارنده‌ی موقتی را سؤال نمود.

پ) پس از ترک برداشتن یک لوله‌ی اصلی بخار با قطر 22 اینچ (که در فشار مانومتری 250 Psi (17 بار) و دمای 365 درجه‌ی سانتی‌گراد کار می‌کرد، لوله‌ی مزبور بر اساس نقشه چک گردید. بسیاری از نگهدارنده‌ها معیوب بودند. برای در چهار نگه‌دارنده‌ی متوالی زیر:



شکل 4-9: یک نگهدارنده بر روی یک خمیدگی انبساط به حال خود رها گردید.

1) در نگهدارنده‌ی شماره 1 فنر کاملاً جمع شده بود.
2) شماره 2 درست جا نیوفتاده بود.
3) شماره 3 در جای خود قرار داشت ولی به لوله متصل نبود.
4) شماره 4 به لوله متصل بود اما مهره‌های انتهایی میله‌ی نگهدارنده شل بودند.

لوله‌کشی با لوله‌هایی به قطر 12 اینچ و بیش از آن برای هدف خاصی بکار می‌رود. هرچه قطر لوله کمتر شود ضریب ایمنی بیشتر می‌گردد. حتی بازرسی دقیق خط لوله نصب شده، قبل از بهره‌برداری از آن، جهت تأیید اینکه گروه نصب، دستورالعمل‌های طراح را رعایت نموده‌اند یا خیر در مورد لوله‌های قطور در مقایسه با لوله‌های کم‌قطرتر اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

ت) لوله‌ای به یک نگهدارنده‌ی فولادی که به یک پایه‌ی بتنی پیچ و مهره شده بود، جوش داده شد. یک نگهدارنده‌ی مشابه دیگر در دو متری محل نگهدارنده‌ی اول نصب شده بود.

لوله‌ی مزبور در شرایط عملیاتی نرمال بدون آسیب دیدگی کار می‌کرد. اما هنگامی که لوله فوق‌العاده داغ گردید، قسمتی از آن ترک برداشت. ترک خوردگی مزبور تقریباً به طور کامل در اطراف جوش گسترش یافت و در نتیجه پیچ‌هایی که نگهدارنده را به پایه‌ی محکم کرده بودند خم شدند.

[1] یک اتصال ویژه لوله‌ای شکل که در خطوط لوله‌ی طویل بکار می‌رود تا خطوط امکان انبساط را بر اثر افزایش دما پیدا نمایند (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

حادثه‌ی مزبور در بولتن ایمنی شرکت دیگری گزارش گردید. کارکنان آن شرکت این حادثه را نادیده گرفته و گفتند «شیوه‌ی طراحی ما مانع وقوع چنین حادثه‌ای خواهد شد» اما کمی بعد، همان حادثه مجدداً به وقوع پیوست. یک خط لوله‌ی برگشتی روی دیوارکوب (براکتهای) جوش داده شده به بدنه‌ی یک برج تقطیر به صورتی محکم نصب شده بود. هنگام راه‌اندازی بر اثر اختلاف انبساط برج داغ و خط لوله‌ی سرد، یکی از براکت‌ها از برج جدا گردید و بخار قابل اشتعال به بیرون نشت نمود، اما خوشبختانه آشتی صورت نپذیرفت.

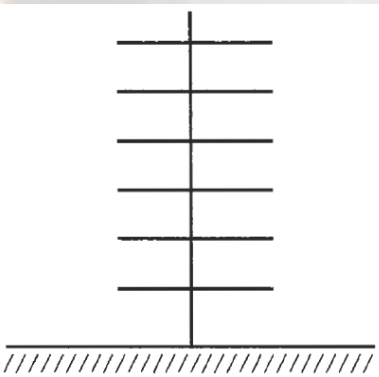
ت) یک لوله‌ی 10 اینچی که حامل روغن در دمای 300 درجه‌ی سانتی‌گراد بود زیر یک انشعاب $\frac{3}{4}$ اینچی نصب شده بود. انشعاب مزبور در 5 اینچی تیرآهنی قرار گرفته بود که لوله به آن اتکا داشت غافل از اینکه هنگام استفاده از لوله، انبساط آن برای تماس انشعاب با تیرآهن و به زمین انداختن آن کافی بوده است. محاسبات نشان داد که انشعاب می‌توانست بیش از 6 اینچ حرکت نماید.

ج) در بسیاری از موارد، حائل‌های لوله‌ها در اولین مراحل یک آتش‌سوزی آسیب‌دیده و با فرو افتادن لوله‌هایی که توسط آنها نگهداشته می‌شوند، به آتش‌سوزی دامن زده شده است. از این‌رو بایستی لوله‌های حساس از قسمت پایین نگهداشته شوند.

9-1-3: تزریق آب

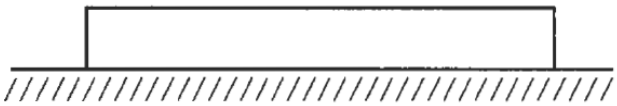
آب به شیوه‌ی ساده‌ی نشان داده شده در شکل (9-5) به داخل یک جریان روغن تزریق گردید. در نزدیکی نقطه‌ی نشان داده شده در شکل، خوردگی رخ داده و روغن نشت شده از آن نقطه آتش گرفت. در این مورد میزان خوردگی از حد مجاز 0/05 اینچ در سال تجاوز نموده بود.

در شکل (9-6) روش بهتری نشان داده شده است. ابعاد طوری انتخاب شده‌اند که بتوان لوله‌ی تزریق آب را جهت بازرسی از سیستم خارج نمود. با این حال، این سیستم از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار نمی‌باشد. یک سیستم از این نوع با لوله‌ی تزریقی که جهت جریان آب در داخل آن، بجای اینکه از بالا به پایین باشد از پایین به بالا بود، نصب گردید. با ان کار میزان خوردگی افزایش قابل ملاحظه‌ای یافت.



شکل 5-9: تزریق آب با روشی مطلوب

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



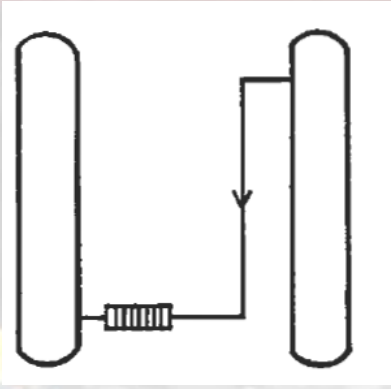
شکل 6-9: تزریق آب با روشی بهتر

همچنانکه در بخش 1-2-3 توضیح داده شد، تجهیزات بایستی طوری طراحی شوند که سوار نمودن آنها به طرز غلط، دشوار یا ناممکن باشد و یا اینکه اشتباه سوار شدن آنها فوراً آشکار شود.

9-1-4: پره‌های آکوردئونی (Bellows)[1]

پره‌ها نمونه‌ی خوبی از تجهیزاتی هستند که در برابر نصب ضعیف یا انحراف از شرایط طراحی، بسیار آسیب‌پذیر هستند. از این‌رو بایستی از نصب آنها در خطوط حامل مواد خطرناک خودداری نمود. با نصب حلقه‌های انبساطی در خطوط لوله می‌توان کار پره‌های مزبور را انجام داد.

چشمگیرترین اختلال به وجود آمده در حادثه‌ی (Flixborough) در بخش 4-2 توضیح داده است. شکل (9-7) پره‌ای را در شرف آسیب دیدن نشان می‌دهد.



شکل 7-9: پره‌های آکوردئونی بزرگ بین دو قسمت از یک برج تقطیر

برج تقطیر بزرگی از دو قسمت ساخته شده بود که توسط یک خط لوله‌ی بخار 42 اینچی با یک سری پره به یکدیگر وصل شده بودند. در طول زمان توقف واحد، از خط مزبور بخار عبور داده شد. پس از آن فوراً به این مسئله پی برده شد که یک سر پره هفت اینچ بالاتر از سر دیگر آن قرار گرفته، اگرچه میزان این اختلاف حداکثر سه اینچ طراحی شده بود. بعداً کاشف به عمل آمد که پیمانکار طراح، خط

[1] اتصالات شبیه به قسمت دمنده‌ی هوا در آکوردئون که بعضی موارد به عنوان عامل خنثی کننده‌ی انبساط به کار می‌روند (مترجم).

http://mohandes-iran.com

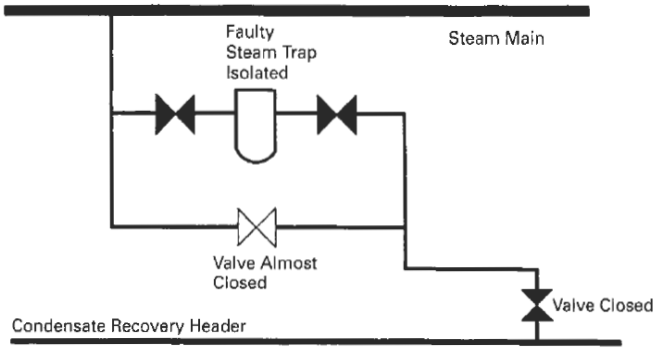
مزبور را برای عملیات نرمال طراحی کرده است. اما او به شرایطی که ممکن بود در حین مراحل غیرعادی چون خاموشی و راه‌اندازی واحد به وجود آید توجهی ننموده بود.

9-1-5: ضربه‌ی قوچ آب

ضربه‌ی قوچ آب به دو صورت متمایز به وجود می‌آید:

هنگامی که جریان مایع در یک خط لوله به طور ناگهانی متوقف شود، دومین حالت هنگامی رخ می‌دهد که مایع تقطیر شده امکان جمع شدن در لوله‌ی اصلی بخار را به دلیل کم بودن تعداد تله‌ها یا خراب بودن آنها و یا اینکه در جای نامناسبی نصب شده بودند، پیدا می‌کند. همانطور که در زیر شرح داده شده، لوله‌های اصلی حامل بخار با فشار بالا به همین دلیل منفجر گردیده‌اند:

الف) یک لوله‌ی اصلی حامل بخار به قطر 10 اینچ که در فشار مانومتری 600 Psi (40 بار) در حال کار بود، ناگهان منفجر گردید و چندیدن کارگر را مجروح ساخت.



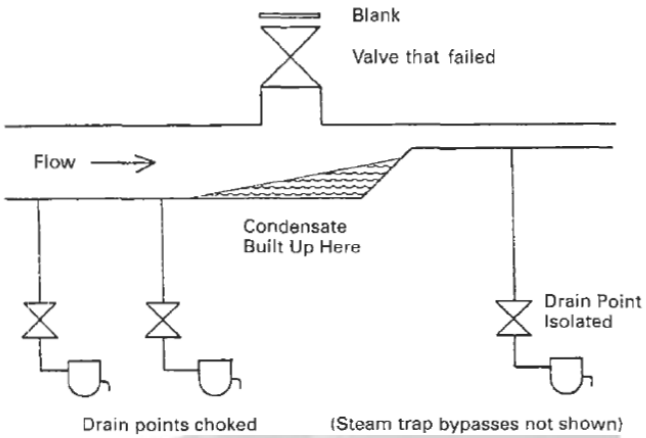
شکل 8-9: ترتیب قرار گرفتن شیرهای موجود در لوله‌ی اصلی بخار آبی که در اثر ضربه‌ی قوچ آب شکسته شده است.

این حادثه درست پس از اینکه یک لوله‌ی اصلی بعد از تعمیرات اساسی مجدداً مورد استفاده قرار گرفت، رخ داد. لوله‌ی مزبور تحت فشار قرار گرفته بود اما جریانی در آن وجود نداشت. تله‌ی بخاری نشتی داشته و ایزوله شده بود. یکبار سعی گردید تا از طریق شیر بای‌پاس مایع تقطیر شده خارج شود. اما همچنانکه در شکل (9-8) نشان داده شده، بخار، وارد لوله‌ی پخش‌کننده‌ی آب تقطیر گردید و بنابراین خط مزبور ایزوله گشت. بدین ترتیب آب مقطر در لوله‌ی اصلی بخار تجمع پیدا نمود.

هنگامی که با باز نمودن شیر 3 اینچی که به یک واحد مصرف کننده منتهی می‌گشت، جریانی در لوله‌های بخار برقرار گردید، حرکت آب مقطر باعث گردید تا لوله‌ی اصلی بشکند[2].

ب) شکل (9-9) چگونگی انفجار یک لوله‌ی اصلی بخار دیگر را که اینبار با فشار مانومتری 20 Psi (1/4 بار) کار می‌کرد توسط ضربه‌ی قوچ آب نشان می‌دهد، دو نقطه‌ی تخلیه‌ی مسدود شده و یکی از آنها ایزوله گردیده بود. به علاوه، تغییر قطر لوله‌ی اصلی این امکان را فراهم ساخت تا آب مقطر در لوله جمع شود. لوله‌ی اصلی بایستی طوری ساخته می‌گردید که ته آن صاف بوده و تغییر قطر در آن صورت می‌پذیرفت.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 9-9: ترتیب قرار گرفتن لوله‌های تخلیه‌ی مایع بر روی لوله‌ی اصلی بخار آبی که با ضربه‌ی جریان قوچ آب شکسته شده است.

WHAT WENT WRONG?
Fifth Edition

9-1-6: اختلالات متفرقه در لوله‌ها

الف) بسیاری از اختلالات به دلیل استفاده‌ی مجدد از لوله‌های قدیمی رخ داده‌اند. برای مثال، حفره‌ای به طول 6 متر و به عرض 2 اینچ بر روی یک لوله‌ی سه اینچی حامل گاز قابل اشتعالِ تحت فشار، ظاهر گردید.

شکل 10-9: یک لوله‌ی قدیمی مجدداً مورد استفاده قرار گرفته و بر اثر خزش آسیب دید.

لوله‌ی مزبور قبلاً برای انتقال یک مایع فرساینده یا خورنده مورد استفاده واقع شده و وضعیت آن تا قبل از استفاده مجدد بررسی نشده بود. در یک مورد دیگر، لوله‌ای به قطر 5-4 اینچ، حامل مخلوطی از هیدروژن و مواد هیدروکربن‌دار با فشار مانومتری 3600 Psi (250 بار) و دمای 350 الی 400 درجه‌ی سانتی‌گراد منفجر شده و شعله‌های آتش حاصل از انفجار به بیش از 30 متر زبانه کشید (شکل 10-9). خوشبختانه لوله در ارتفاع بالایی نصب شده بود و کسی آسیب ندید. درجه‌ی فولاد بکار رفته در لوله

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

عملیاتی بایستی کاملاً منطبق باشد. تحقیقات نشان داد که لوله‌ی مزبور در واحد دیگری به مدت 12 سال در دمای 500 درجه‌ی سانتی‌گراد مورد استفاده قرار گرفته و از طول عمر خزشی[1] آن کاسته شده است.

بسیاری از اختلالات بدین دلیل رخ داده‌اند که در یک خط لوله، فولاد با درجه‌ی نامناسب استفاده شده است. معمولاً درجه‌ی مناسب فولاد مشخص می‌شود اما لوله‌ای با درجه‌ی نامناسب به سایت تحویل داده شده یا از انبار لوله انتخاب می‌شود. چشمگیرترین اختلال از این نوع زمانی رخ داد که لوله‌ی خروجی از یک مبدل آمونیاک فشار بالا بجای آنکه مُلیبدن 0/5 درصد و کُرُم $\frac{1}{2}$ 1 درصد باشد از جنس فولاد کم کربن انتخاب گردید. هیدروژن اثر تخریبی بر روی لوله داشته و بر روی یک خمیدگی سوراخی به وجود آورد. در نتیجه هیدروژن به بیرون نشت نموده و نیروهای حاصل از واکنش، مبدل را واژگون ساختند.

در حال حاضر بسیاری از کمپانی‌ها بر این مسئله تأکید دارند که اگر قرار باشد استفاده از درجه‌ی نامناسب فولاد بر یکپارچگی واحد اثر گذارد، کلیه‌ی تجهیزات فولادی بایستی قبل از استفاده از لحاظ درصد ترکیب چک شوند. این در مورد فلنج‌ها، پیچ‌ها، میله‌های جوش داده شده و ... و همچنین لوله‌های استفاده نشده صدق می‌نماید. درجه‌ی فولاد براحتی می‌تواند توسط یک آنالیزور اسپکتوگراف (طیف نگار) بررسی شود. سایر اختلالات ناشی از استفاده از مواد نامناسب برای ساخت لوله‌ها در بخش 1-16 توضیح داده شده‌اند.

پ) تعداد زیادی از اختلالات در لوله‌ها بدین دلیل به وقوع پیوسته‌اند که پایه‌های کمکی به دیواره‌های لوله جوش داده شده‌اند تا آنها را در محلی نزدیک به یک انشعاب یا نگهدارنده تقویت نمایند بدون آنکه فضای بین پایه‌ها و دیواره‌ها تخلیه شود. برای مثال: لوله‌ی اصلی یک مشعل به همین دلیل فرو ریخت، منتهی خوشبختانه این حادثه زمانی به وقوع پیوست که عملیات تنش‌زدایی روی مشعل در حال انجام بود.

پایه‌های کمکی لوله می‌توانند بجای جوشکاری مداوم با جوشکاری متناوب تخلیه شوند یا می‌توان در آنها یک حفره‌ی $\frac{1}{4}$ اینچی یا $\frac{1}{8}$ اینچی ایجاد نمود.

ت) خوردگی (داخلی یا خارجی) اغلب اما نه همیشه قبل از آنکه لوله بشکند در آن نشتی ایجاد می‌نماید.

یک خط حامل بوتان مایع با فشار مانومتری حدود 30 Psi (2بار) از میان گودالی که چند شیر در آن قرار داشت عبور کرد. گودال مزبور مملو از آب آغشته به اسید بود. لوله خورده شده و نشت کوچکی در آن رخ داد. خط لوله‌ی مزبور با پاشیدن آب با فشار مانومتری 110 Psi (7/5 بار) به داخل آن جهت تعمیر خالی گردید. آن خط برای تحمل این مقدار فشار طراحی شده بود. با این حال زمانی که خوردگی

[1] مدت زمانی که لوله می‌تواند بدون آسیب‌دیدگی در برابر فشارهای وارده مقاومت نموده و با تغییر شکل دادن آن‌را خنثی نماید (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در آن رخ داد دیگر قادر به تحمل این فشار نبوده و در نتیجه درپوش شیری از جا کنده شد. اپراتور آب را ایزوله نمود. همین عمل موجب گشت تا بوتان از حفره‌ی لوله به بیرون جریان پیدا نماید. 20 دقیقه بعد بوتان منفجر گردید و خسارات سنگینی بر جای گذاشت[3].

ث) یک مغزی و یک شیر پیچ‌دار به قطر یک اینچ از خط لوله‌ی روغنی که در دمای 350 درجه‌ی سانتی‌گراد کار می‌کرد، به بیرون پرتاب گردیدند. واحد از بخار روغن 15 دقیقه بعد مشتعل گردید، پوشیده شد. مغزی فوق الذکر بیست سال قبل از در طی دوران ساخت نصب شده بود تا تست فشار تسهیل نماید و علاوه بر آن در هیچ نقشه‌ای نشان داده نشده و اپراتورها از وجود آن مغزی اطلاع نداشتند. اگر آنان از وجود آن مطلع بودند، آنرا با یک درپوش جوش داده شده عوض می‌کردند. مشابه این حوادث در بخش 5-1-7 توضیح داده شده‌اند.

ج) تمام اختلالات مربوط به لوله‌ها به وجود نقاط ضعف در طرح یا ساخت آنها مربوط نمی‌شود (برای مثال، اختلالی که در بخش 2-5-1 توضیح داده شده است).

در یک مورد به دلیل ضعف در تعمیرات و نگهداری، لوله‌ها در معرض آسیب‌دیدیگی قرار گرفتند. یک ماشین تراش دستی سیار که با هوای فشرده کار می‌کرد، در محلی بین دو خط لوله‌ی در حال کار به حال خود رها شده بود. کلید ماشین در وضعیت روشن قرار گرفته بود از این‌رو هنگامی که کمپرسور هوا بکار افتاد، ماشین تراش شروع به چرخیدن نمود و قسمتی از خط لوله‌ی حامل گازهای مایع را تراش داد. خوشبختانه قبل از آنکه ماشین تراش لوله را کاملاً برش دهد، متوجه آن شدند و آنرا برداشتند ولی ماشین تراش ضخامت دیواره‌ی لوله را از 0/28 به 0/21 اینچ تقلیل داد.

9-1-7: نشت‌های موجود در فلنج‌ها

نشت‌های ناشی از فلنج‌ها از نشت‌هایی که در بخش 1-19 الی 6-1-9 توضیح داده شده‌اند، متداول‌تر اما معمولاً کوچکتر هستند. در خطوط لوله‌ی حامل گازهای مایع قابل اشتعال و سایر مایعات سریع تبخیر شونده، واشرهایی با الیاف نسوز فشرده (caf) مورد استفاده قرار گیرند، زیرا آنها هر نشتی را به میزان بسیار کمی محدود می‌نمایند. اغلب بخشی از واشری از این نوع که بین دو پیچ قرار دارد، از جا کنده شده و باعث ایجاد نشتی زیادی گردیده است. اما این مسئله با وجود واشرهایی با پیچ حلزونی شکل رخ نمی‌دهد.

9-1-8: اختلالات فاجعه‌آمیز

آتش‌سوزی و انفجار در مکزیکوسیتی در سال 1984 که منجر به کشته شدن بالغ بر 500 تن (به بخش 4-1-8 مراجعه نمایید) گردید، با بروز اختلال در یک لوله آغاز گشت. علت آن اختلال هیچ‌گاه شناخته نشد اما احتمالاً لوله در معرض فشار زیادی قرار گرفته بود.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

اوایل همان سال (در ماه فوریه) با انفجار یک لوله‌ی حامل بنزین به قطر 2 فوت و ریختن هفتصد تُن بنزین از آن به داخل یک باتلاق حداقل 508 نفر که بیشتر آنان کودکان را تشکیل می‌دادند در Cubatao، واقع در شهر Sao Paulo در برزیل کشته شدند. حادثه‌ی مزبور انعکاس وسیعی پیدا نکرد ولی به نظر می‌رسد که در Bhopal و مکزیکو سیتی، خانه‌های سازمانی مجاز بودند تا حوالی خط لوله مستقر روی میله‌های نصب شده بر روی باتلاق پیشروی نمایند. علت این اختلال شناخته نشد اما گفته می‌شد که خط لوله اشتباهاً به فشار بالایی رسانده شده و نیز هیچ راهی برای کنترل در خط مزبور وجود نداشته است.

9-2: اختلالات در مخازن تحت فشار

اختلالات در مخازن تحت فشار بسیار نادر هستند. بسیاری از اختلالات گزارش شده هنگام تست فشار رخ داده یا ترک خوردگی‌هایی بودند که طی بررسی‌های روزمره کشف شده بودند. اختلالات عمده‌ای که به نشت‌های جدی منجر شده‌اند، به سختی یافت می‌شوند.

مخازن ذخیره‌سازی فشار پایین نسبت به مخازن تحت فشار، بسیار شکننده‌تر هستند. از این رو آنها آسان‌تر آسیب می‌بینند. برخی اختلالات در فصل 5 توضیح داده شده است.

در قسمت‌های بعد برخی اختلالات مخازن، اعم از مهم و جزئی برای نشان دادن امکان وقوع آنها آورده شده‌اند. اختلالات مخازن تحت فشار که در نتیجه‌ی قرار گرفتن در معرض آتش رخ‌داده‌اند، در بخش 1-8 بحث شده است.

9-2-1: اختلالات قابل پیشگیری به وسیله‌ی طراحی یا ساخت بهتر

پی بردن به این اختلالات به سختی امکان‌پذیر می‌باشد.

الف) در یک واحد آمونیاک، گاز از میان کانال جداری[1] یک مخزن چند جداره نشت نمود. واحد مزبور همچنان در حال کار باقی ماند. اما برای جلوگیری از وخیم‌تر شدن وضع، نشت مزبور تحت نظر قرار گرفت. ده روز بعد مخزن متلاشی شده و خسارات سنگینی بر جای نهاد.

مخزن تحت فشار چندجداره از یک پوسته‌ی داخلی و یازده لایه پوشال ساخته شده بود که هر کدام از این لایه‌ها یک کانال جداری ایجاد شده بود. علت متلاشی شدن مخزن مزبور به تنش‌های زیاد ایجاد شده در مجاورت یک نازل (Nozzel) نسبت داده شد. هنگام طراحی مخزن تحت فشار این تنش‌ها به درستی تشخیص داده نشده بودند.

در گزارش حادثه‌ی مزبور آمده است:

[1] کانالی با شیب از عقب به جلو که کار آن تخلیه مایع یا گاز جمع شده در داخل جداره می‌باشد (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

«اطلاعاتمان از مطالب منتشره درباره‌ی این حادثه، این باور را در ما ایجاد می‌کند که تا زمانی که گاز نشت شده از طریق کانال‌های جداری امکان آزاد شدن داشته، استفاده از تجهیزات بی‌خطر بوده است. از چند تن افراد آگاه دعوت به عمل آورده و در باب مسائل ایمنی با آنان به بحث نشستیم. اکثریت شرکت‌کنندگان در جلسه، نتیجه‌گیری ما را تأیید نمودند. اما پس از انفجار، بر سر نظرات ارائه شده به این نتیجه رسیدیم که، هیچ روش دیگری به جز متوقف ساختن عملیات، در صورت وقوع یک نشت از کانال جداری تحت شرایط مشابه در آینده وجود نخواهد داشت».

ب) یک مخزن تحت فشار در واحد آمونیاک به دلیل مقاومت کم در برابر فرسودگی یعنی در نتیجه‌ی تحمل سیکل‌های پی در پی فشار و دما و فرسودگی ناشی از آن متلاشی گشت.

پ) شناور توپی داخل یک مخزن کروی ذخیره‌سازی پروپان شُل گردید. با لبریز شدن مخزن، شناور توپی در لوله‌ی کوتاهی که به شیر اطمینان منتهی شده و هم‌اندازه‌ی آن بود گیر نمود. زمانی که به مخزن گرما داده شد، ازدیاد فشار باعث گردید تا قطر آن (14 متر) 0/15 متر (6 اینچ) افزایش پیدا نماید. زمانی متوجه افزایش قطر مخزن شدند که نردبان کمکی شکسته و در هوا آویزان گشت. در صورت استفاده از شناورهای توپی، ابعاد آنها و مخزن ذخیره‌سازی بایستی چک شود. در صورت امکان وقوع حادثه‌ای مشابه، لوله‌ی اطمینان بایستی توسط یک قفس محافظت گردد.

ت) چندین مخزن تحت فشار، خوشبختانه حین انجام تست فشار، در مجاورت حلقه‌های نگهدارنده‌ی داخلی که به آن جوش خورده بودند، دچار آسیب‌دیدگی شده‌اند. در صورت نصب چنین نگه‌دارنده‌هایی باید نظر متخصصان را جویا شد.

ث) بوتان نرمال در صفر درجه و ایزوبوتان در دمای منفی 12 درجه‌ی سانتی‌گراد می‌جوشد. هنگامی که دمای هوا زیر صفر درجه‌ی سانتی‌گراد بوده و مخزن تحت فشار محتوی بوتان در حال خالی شدن باشد، ممکن است با ایجاد یک خلاء جزئی، مخزن به داخل مکیده شود. این مسئله در موارد بسیاری رخ داده است. مخازن تحت فشاری که برای ذخیره‌سازی بوتان و سایر گازهای مایع با نقطه‌های جوش نزدیک به صفر درجه‌ی سانتی‌گراد مثل بوتادین بکار می‌روند، بایستی برای تحمل خلاء طراحی شوند.

اگر مخزن موجود نتواند اصلاح شود، بوتان گرم می‌تواند برگشت داده شده یا پروپان به آن افزوده شود (اما احتمال دارد فشار در آب و هوای گرم بسیار بالا رفته و شیر اطمینان باز شود).

ج) اگرچه گفته شد که موارد بروز اختلالات در مخازن تحت فشار نادر هستند، اما ممکن است این مسئله در خصوص مخازنی که بر اساس استانداردهای تأیید شده طراحی نشده‌اند صادق نباشد.

Davenport چندین مورد بروز اختلال در مخزن حاوی گاز نفت مایع را که به دلیل ضعف در ساخت رخ داده، توضیح داده است. هیچ‌کس در بریتانیای کبیر نمی‌داند که چه کسی، در چه زمانی و یا بر اساس چه استانداردی 30 درصد از این مخازن حاوی نفت مایع را وارد عمل نموده است.

9-2-2: اختلالات قابل پیشگیری به وسیله‌ی عملیات بهتر

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

حادثه‌ای که در بخش 1-2-9 (الف) توضیح داده شد، می‌تواند در این طبقه‌بندی قرار گیرد.

الف) همچنانکه در بخش 3-5 توضیح داده شد، مخازن ذخیره‌سازی فشار پایین اغلب به داخل مکیده شده‌اند. مخازن تحت فشار نیز می‌توانند در صورت طراحی نشدن برای تحمل خلاء به داخل مکیده شوند چنانکه حادثه زیر نشان می‌دهد:

یک درام تخلیه از سرویس خارج گشته و ایزوله گردید. خط تخلیه برداشته و یک لوله‌ی بخار برای ادامه‌ی کار مخزن به آن نصب گشت. مایع تقطیر شده از همان شکاف به بیرون راه یافت. مایع تقطیر شده ایزوله گردید و 45 دقیقه بعد از شیر تخلیه بسته و 15 دقیقه بعد از مخزن متلاشی گشت. واضح است که 45 دقیقه برای میعان همه‌ی بخار کافی نبوده است.

ب) یک مخزن تحت فشار اضافی (که در نظر بود مجدداً در فشار جو بکار رود)، توسط پیمانکارانی که قصد داشتند بر روی آن تست فشار انجام دهند، نصب شده بود. آنان نتوانستند شیلنگ آبی بیابند که به یکی از رابطهای متصل به مخزن بخورد. بنابراین تصمیم گرفتند که با هوای فشرده، تست فشار را انجام دهند. مخزن قبل از منفجر شدن به فشار مانومتری 25 Psi (1/7 بار) رسید. امکان دارد کارکنان مربوطه از تفاوت میان یک تست فشار که معمولاً با آب انجام می‌شود و تست نشتی که اغلب با هوای فشرده در فشاری بسیار کمتر از فشار تست انجام می‌شود بی‌اطلاع بوده باشند.

این حادثه لزوم تعریف محدودیت‌هایی که پیمانکاران می‌توانند در چهارچوب آن کار کرده و تشریح این محدودیت‌ها برای مستخدمین آنها را نشان می‌دهد.

در بخش 2-2 (الف) حادثه دیگری توضیح داده شده که در آن مخزن تحت فشاری توسط هوای فشرده (این بار به دلیل مسدود شدن لوله‌ی تخلیه گاز) منفجر گشته است.

پ) مخزنی که جهت کار در فشار مانومتری 5 Psi (0/3 بار) طراحی شده بود همراه با یک دستگاه اطمینان به عنوان حفاظ، توسط هوای فشرده در حالی خالی شدن بود. به اپراتور گفته شده بود تا فشار مانومتری را زیر 5 Psi نگاه دارد اما او این کار را انجام نداده و مخزن منفجر گردید و در نتیجه ماده‌ی شیمیایی خورنده‌ای به روی او پاشیده شد. شیری که زیر دیسک اطمینان قرار داشت بسته شده و احتمالاً برای مدتی بسته مانده بود. نصب شیر بین یک مخزن و دیسک اطمینان (یا شیر اطمینان) کار درستی نبوده و نصب آن در برخی کشورها غیر قانونی است. شیر جهت متوقف ساختن گاز به داخل واحد پس از انفجار دیسک و حین و تعویض آن نصب شده بود.

راه بهتر (در صورت نیاز به ایزوله نمودن) عبارت است از نصب دو دیسک اطمینان هر یک با شیر جداکننده‌ی مربوط به خود. آن دو شیر باید طوری با یکدیگر مرتبط باشند که یکی از آنها همیشه باز باشد. گاز فشرده باید به داخل مخزنی که قادر به تحمل تمام فشار آن نیست دمیده شود، نصب یک شیر کاهنده‌ی فشار روی منبع گاز کار مناسبی می‌باشد. این کار برای موردی که هم‌اکنون توضیح داده شد امکان‌پذیر خواهد بود. اما اگر گاز برای دمیدن مایع به درون یک مخزن مورد استفاده قرار گیرد این کار امکان‌پذیر نمی‌باشد. اگر فشار گاز به فشار در نظر گرفته شده در طراحی مخزن تحت فشار محدود شود

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

ممکن است برای چیره شدن بر اصطکاک و تغییر ارتفاع کفایت ننماید. نکته‌ی قابل توجه در حادثه‌ی مزبور آن است که اپراتور تنها مدت 7 ماه در واحد کار کرده و در طول این مدت به دلیل عدم توجه وی به عملیات انجام شده در واحد یا اصول ایمنی، 5 اخطار دریافت نموده بود. با وجود این، حادثه‌ی مذکور نه به دلیل عدم توجه اپراتور بلکه به موجب طراحی ضعیف تجهیزات به وقوع پیوسته بود.

Refrence:

1. User 5. Guide for the Safe Operation of Centrifciges with Parriciilar Reference to Hazardous Atmosphere, 2nd edition, Institution of Chemical Engineers, Rugby, UK. 1987.

2. T. A. Kletz, Loss Prevention, Vol. 6, 1972, p. 134.

3. R. E. Sanders and J. H. Wood, Chemical Engineering, Feb. 1993.

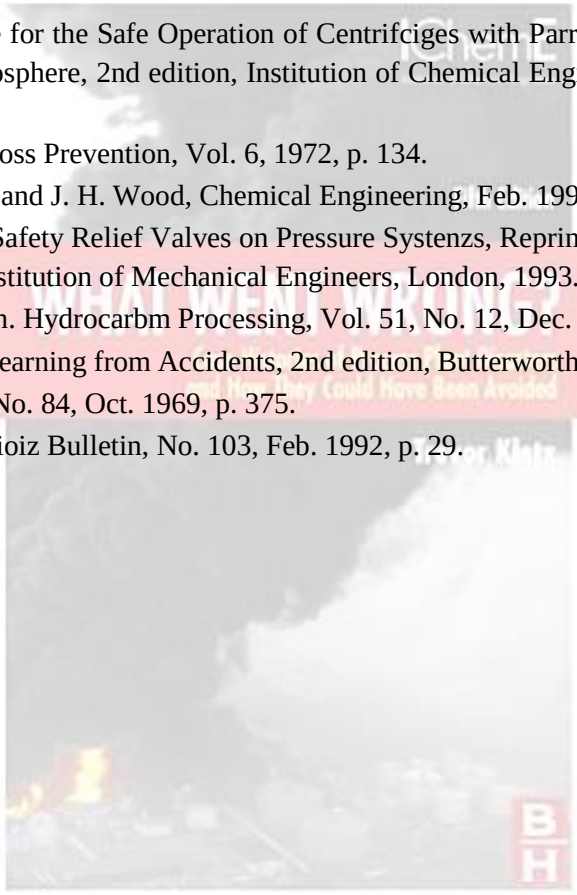
4. A. B. Smith, Safety Relief Valves on Pressure Systenzs, Reprint No. C454/001/93, Institution of Mechanical Engineers, London, 1993.

5. C. H. Vervalin. Hydrocarbm Processing, Vol. 51, No. 12, Dec. 1972.

6. T. A. Kletz. Learning from Accidents, 2nd edition, Butterworth-

7. FPAJournal, No. 84, Oct. 1969, p. 375.

8. Loss Preiventioiz Bulletin, No. 103, Feb. 1992, p. 29.



http://mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

فصل دهم

تجهیزات دیگر

دیر یا زود زمانی فرا می‌رسد که بایستی شیر باز باشد اما بسته است یا برعکس و طرح یا روش عملیات بایستی اجازه به وجود آمدن چنین وضعیتی را بدهد. ضمناً در زمینه ایزوله نمودن جهت تعمیرات به بخش 1-1 مراجعه نمایید.

حوادث مربوط به مخازن ذخیره‌سازی، مشعل‌ها، خطوط لوله و مخازن تخت فشار در فصول 5، 6 و 9 توضیح داده شده است. در این فصل برخی حوادث مربوط به سایر تجهیزات مورد بحث قرار گرفته‌اند:

1-10: دستگاه‌های سانترفیوژ[1]

بسیاری از حوادث جدی در دستگاه‌های سانترفیوژ حامل حلال‌های قابل اشتعال رخ داده است زیرا پوشش نیتروژن بکار گرفته، مؤثر نبوده است.

در یک مورد پوشش صفحه‌ای شکل دستگاه واقع در بدنه‌ی آن و محفظه‌ی موتور از جا در آمده بود. جریان نیتروژن به قدر کافی زیاد نبود تا مانع ورود هوا شود، در نتیجه انفجاری به وقوع پیوست و بر اثر آن دو نفر کشته شدند. احتمالاً منبع اشتعال جرقه‌ی حاصل از قرقره‌ی متحرک موتور بوده که سُر خورده و به محفظه‌گیر کرده بود. با این حال منبع اصلی اشتعال دارای اهمیت چندانی نمی‌باشد. در تجهیزاتی نظیر سانترفیوژ که دارای قطعات متحرک می‌باشند، منبع اشتعال براحتی می‌تواند پدید آید.

در حادثه‌ی دیگر، جریان نیتروژن بسیار کم بود. دامنه‌ی اندازه‌گیری روتامتر[2] در خط نیتروژن 60-0 لیتر در دقیقه (2-0 فوت مکعب در دقیقه) بود، اگرچه برای نگاه داشتن محتویات اکسیژن در یک سطح مطمئن به دامنه‌ی اندازه‌گیری برابر 150 لیتر در دقیقه (5 فوت مکعب در دقیقه) نیاز می‌باشد.

در کلیه‌ی دستگاه‌های سانترفیوژی که حامل حلال قابل اشتعالند، مقدار اکسیژن بایستی به طور پیوسته کنترل شود و دست کم بایستی در هر شیفت آن را با یک آنالیزور سیار چک نمود. علاوه بر این جریان نیتروژن بایستی کافی بوده، براحتی قابل رؤیت باشد و مرتباً خوانده شود.

توصیه‌های مزبور در مورد کلیه‌ی تجهیزاتی که با نیتروژن پوشیده می‌شوند، از جمله مخازن (بخش 4-5) و مشعل‌ها (بخش 1-6) نیز صدق می‌کنند.

اما به دلیل سهولت پیدایش منابع اشتعال در سانترفیوژها، این توصیه‌ها باید به ویژه برای آن‌ها مهم تلقی شوند.

---

[1] وسیله‌ای چرخنده برای جداسازی مایعات با وزن مخصوص متفاوت یا جداسازی ذرات کلوئیدی معلق نظیر گل در یک محلول به وسیله‌ی نیروی گریز از مرکز (مترجم).

[2] دستگاهی که برای اندازه‌گیری سرعت مایعات بکار می‌رود (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

خطر دیگری که در رابطه با دستگاه‌های سانتریفیوژ وجود دارد این است که اگر آنها در جهت مخالف بچرخند، ضربه‌گیر می‌تواند به کویل موتور خسارت وارد نماید. از این‌رو در مقایسه با پمپ‌ها اهمیت اطمینان یافتن از اینکه چنین چیزی رخ نمی‌دهد، بیشتر است.

یک دستگاه سانتریفیوژ به وسیله‌ی یک دستگاه هیدرولیکی که دو تا سه متر دورتر نصب شده بود، روشن گردید. روغن نشت شده از دستگاه خنک‌کننده مشتعل گردیده و آتش‌سوزی توسط روغن، محصولات سرریز شده و نیز کابلهایی که دارای روکش پلاستیکی بودند، گسترش یافت. آتش‌سوزی باعث خرابی نشت‌بند پلاستیکی بین دستگاه سانترفیوژ و کانال محوری خروجی آن گردید و در نتیجه در کانال محوری مزبور انفجاری رخ داد و درب دستگاه خشک‌کنی که کانال به آن ختم می‌گشت، آتش گرفت. شیر خروجی دستگاه سانترفیوژ بسته بود ولی قطعه‌ی راه‌انداز شیر آلومینیومی، خراب شده بود. خوشبختانه شیر خروجی نشت نداشته، در غیر این صورت چندین تن حلال به سرعت بر وسعت آتش افزوده بود. برای ساخت تجهیزاتی که ممکن است در معرض آتش باشند، آلومینیوم ماده‌ی مناسبی تحت هیچ شرایطی نمی‌باشد.

2-10: پمپ‌ها

بزرگترین خطر در رابطه با پمپ‌ها خرابی واشر است که برخی اوقات در نتیجه‌ی از کار افتادن یاتاقان به نشت مقداری زیادی از مواد شیمیایی خورنده‌ی سمی و قابل اشتعال می‌انجامد. اغلب به اندازه‌ی کافی نزدیک شدن به شیرهای تخلیه و مکش پمپ جهت بستن آن‌ها امکان‌پذیر نیست. از این‌رو همچنانکه در بخش 1-2-7 بحث شده بسیاری از کمپانی‌ها در خطوط مکش و نیز کاهش در خطوط تخلیه، شیر اضطراری جداکننده، می‌توان در خط تخلیه از یک شیر غیر برگشتی (شیر یک طرفه) استفاده می‌نمایند، مشروط بر اینکه برای بازرسی منظم بتوان برنامه‌ی زمان‌بندی مناسبی داشته باشیم.

از دیگر عوامل مؤثر در رخ دادن حوادث در رابطه با پمپ‌ها عامل dead-heading است، یعنی اینکه بگذاریم تا پمپ در مقابل یک شیر تخلیه‌ی بسته کار کند. این مسئله به افزایش دما، خرابی نشت‌بندها و در نتیجه ایجاد نشتی منجر گردیده است. این نشتی هنگامیکه ماده‌ی موجود در پمپ در دمای بالا تجزیه شده، موجب انفجار گشته است. در یکی از این حوادث، هوا (که از بخار روغن اشباع شده بود) در شبکه‌ی لوله‌ی تخلیه، محبوس گردید. تراکم این هوا باعث گردید تا دمای آن به بالای دمای خود اشتعالی مایع رسیده و انفجار رخ دهد. درست مانند مکانیزمی که در موتور دیزل انجام می شود.

پمپ‌هایی با جابجائی مثبت کار می‌کنند معمولاً مجهز به شیرهای اطمینان هستند. این شیرها معمولاً به پمپ‌های سانترفیوژ نصب نمی‌گردند، مگر اینکه ماده‌ی فرایند در صورت داغ شدن منفجر شود. راه دیگر، غیر از استفاده از شیرهای اطمینان این است که اینگونه پمپ‌ها را به کلید قطع‌کننده‌ای که هنگام افزایش دما بکار می‌افتد، مجهز نمود. این کلید قطع کننده، منبع تغذیه را از پمپ جدا می‌نماید یا می‌توان از kick-back یا یک خط لوله با قطر داخلی کوچک (یا خط لوله به همراه یک صفحه‌ی اریفیس مانع) که از خط تخلیه به محفظه‌ی مکش بر می‌گردد، استفاده نمود. قطر این خط یا صفحه‌ی اریفیس به

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

اندازه‌ای است که فقط به مقدار کافی مایع برای جلوگیری از گرم شدن زیاد پمپ، از خود عبور دهد. اگر پمپ‌هایی که مجهز به اتو- استارت (شروع اتوماتیک) هستند در زمانی که نباید روشن باشند، در حالت dead-head[1] قرار خواهند گرفت. این مسئله باعث می‌شود که پمپ‌ها بیش از اندازه گرم شوند. چنین پمپ‌هایی بایستی به یک شیر اطمینان با دستگاه‌هایی که هم اکنون توضیح داده شده‌اند مجهز گردند.

در حادثه‌ی دیگر، یک پمپ میعان در حالیکه شیرهای تخلیه و مکش آن بسته بودند از راه دور روشن گردید. در نتیجه پمپ منفجر شده و قطعات آن تا شعاع 20 متری پخش شدند.

برای روشن نمودن یک دستگاه بایستی از روش کنترل از راه دور استفاده نمود، برای جلوگیری از وقوع مشابه، استفده از برخی از اقسام کلیدهای قطع کننده مرتبط با پمپ مطمئن‌تر است.

در صورتی که پمپ‌ها با شیر تخلیه‌ایکه تقریباً بسته است کار کنند می‌توانند بیش از حد گرم شوند. در یک حادثه از پمپی که جهت تخلیه 10 تُن مایع در ساعت طراحی شده بود فقط برای انتقال $\frac{1}{4}$ تُن مایع در ساعت استفاده گردید. شیر تخلیه از کار افتاد، پمپ بیش از حد گرم شد، اتصال بدنه شکست و محتویات آن به بیرون نشت نمود و آتش گرفت.

اگر پمپی برای انتقال کسر بسیار کوچکی از مقدار ماده‌ی طراحی شده مورد استفاده قرار گیرد، بایستی از یک خط Kick- back[2] استفاده نمود.

در نتیجه‌ی عدم روغن‌کاری، بسیاری از یاتاقان‌ها از کار افتاده و نشتی رخ داده است. گاهی اوقات اپراتورها روغن‌کاری پمپ‌ها را نادیده گرفته‌اند. در یک مورد، خرابی یاتاقان به نفوذ آب در روغن روغن‌کاری منجر گردید. جرقه‌های ناشی از این خرابی، پسمانده‌های روغن را در همان حوالی به آتش کشید. با بررسی حادثه متوجه شدند که در درام‌های حاوی روغن در محوطه‌ی ذخیره‌سازی روغن روغن‌کاری روباز بوده‌اند به طوریکه که آب باران توانسته بود بداخل آن‌ها راه یابد. این مورد، مثال خوبی از مخدوش شدن مسئله‌ی طراحی یاتاقان‌ها و نشت‌بندها با استفاده از تکنولوژی بالا بواسطه‌ی عدم توجه به مسائل داده و پیش و پا افتاده است.

هنگامیکه بقیه‌ی واحد روی خط است، پمپ‌ها بیش از هرگونه تجهیزات دیگری به تعمیر نیاز دارند. بسیاری از حوادث بدین دلیل رخ داده که احتمالاً پمپ‌های تحت تعمیر از واحدی که در حال کار هست ایزوله نشده‌اند. به بخش 1-1 مراجعه نمایید.

10-3: کولرهای هوایی

ماده‌ی نشت شده از پمپی آتش گرفت. در بالای پمپ مجموعه‌ای از کولرهای مجهز به هواکش پره‌ای وجود داشت و کوران هوا به طرف بالا، به کولرها خسارت جدی وارد نمود. خط مکش پمپ یک شیر

[1] در صفحه‌ی قبل توضیح داده شد (مترجم).
[2] در صفحه‌ی قبل توضیح داده شد (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

اضطراری جدا کننده مجهز بود. این شیر فوراً بسته گشت و آتش‌سوزی مهار گردید، اما تا قبل از آسیب رسیدن هواکش‌های پره‌ای اقدامی صورت نگرفت. خسارت وارده به آنها خیلی بیشتر از خسارات وارده به پمپ‌ها بود. قرار دادن هواکش‌های پره‌ای در بالای پمپ‌ها بیشتر از خسارت وارده به پمپ‌ها بود. قرار دادن هواکش‌های پره‌ای در بالای پمپ‌ها یا سایر تجهیزاتی که مستعد نشت هستند، کار درستی نیست.
در موارد متعدد دیگر، کوران هوا از هواکش‌های پره‌ای بر شدت آتش‌سوزی افزوده و به دلیل آنکه دکمه‌های توقف بسیار به محل آتش‌سوزی نزدیک بودند، امکان متوقف نمودن پنکه‌ها وجود نداشت. دکمه‌های توقف بایستی حداقل در ده متری محل نصب شوند.
خطر دیگر در رابطه با کولرهای هوایی این است که حتی در صورت ایزوله شدن موتور، جریانات هوا باعث گردش هواکش‌ها در هنگام تعمیر می‌شوند. بنابراین بایستی قبل از انجام هرگونه تعمیرات روی آنها یا در مجاورت آنها، از حرکت هواکش‌ها جلوگیری به عمل آورد.

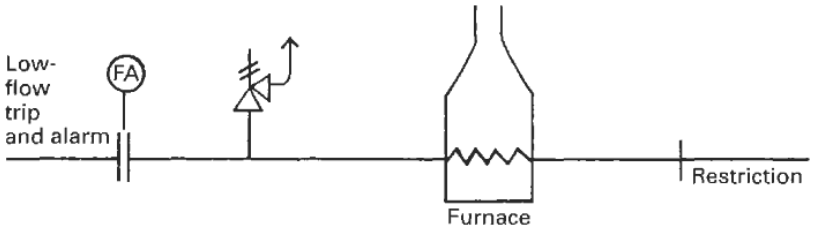
10-4: شیرهای اطمنیان

به دلیل وجود نقص در خود شیرهای اطمینان، حوادث بسیار معدودی رخ می‌دهد. هر زمان که تجهیزات به دلیل عدم امکان آزاد شدن فشار ایجاد شده، در آنها دچار خسارت شده‌اند، معمولاً بعد از حادثه معلوم شده که شیر اطمینان (با دستگاه اطمینان دیگری) ایزوله شده (به بخش 2-2-9(پ) مراجعه نمایید)، اشتباهاً نصب گردیده (به بخش 1-2-3 (ث) مراجعه نمایید) یا به طریقی دیگر در کار آنها اختلال ایجاد شده است (9-2-1 (پ)) حوادثی که در زیر آمده در رابطه با تجهیزات جانبی شیرهای اطمینان رخ داده‌اند نه خود آنها.

10-4-1: موقعیت

کوره‌ای در خط ورودی خود، توسط یک شیر اطمینان محافظت می‌گردید (شکل 1-10). بعد از کوره مانعی به وجود آمد. شیر اطمینان باز شده و بیشترین مقدار جریان را دریافت نمود. جریان موجود در لوله‌های کوره به چنان سطح کمی افت پیدا کرد که لوله‌ها بیش از حد گرم شده و منفجر گردیدند. کلید قطع‌کننده‌ی جریان پایین که بایستی منبع سوخت متصل به کوره را هنگام افت جریان از آن ایزوله می‌نمود نتوانست کاری انجام دهد زیرا مقدار جریانی که از میان آن می‌گذشت در حد نرمال قرار داشت.
شیر اطمینان بایستی بعد از کوره یا در صورت ناممکن بودن آن، قبل از کلید قطع‌کننده‌ی جریان پایین کار گذاشته می‌شد. نکته‌ی دیگر در مورد موقعیت (که برخی اوقات نادیده انگاشته می‌شود) این است که اکثر شیرهای اطمینان جهت نصب به صورت عمودی طراحی شده و نبایستی به طور افقی کار گذاشته شوند.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 1-10: هنگام باز شدن شیر اطمینان، جریان عبور کننده از میان کوره کاهش یافت.

10-4-2: فهرست مشخصات شیر اطمینان

کلیه‌ی کمپانی‌ها به تهیه‌ی فهرستی از مشخصات شیرهای اطمینان اقدام می‌ورزند. آنان در نوبت‌های منظم (هر یک یا دوسال) شیرها را آزمایش نموده و بدون جواز و محاسبه‌ی دقیق اجازه تغییر در اندازه‌های آنها را نمی‌دهند. با این حالت به علت عدم ثبت موارد زیر، فشار در تجهیزات بیش از حد بالا رفته است. علت نادیده گرفته شدن شیرهای مزبور این است که به طور واضح به عنوان یک دستگاه اطمینان یا بخشی از یک سیستم اطمینان در نظر گرفته نشده‌اند:

الف) یک سوراخ با یک لوله‌ی تخلیه‌ی باز که ساده‌ترین دستگاه اطمینان ممکن محسوب می‌شود. در بخش 2-2 (الف) توضیح داده شده که چگونه دو نفر در اثر کاهش اندازه‌ی سوراخ تخلیه‌ی مخزنی از 6 اینچ به 3 اینچ کشته شدند.

ب) یک صفحه‌ی اریفیس مانع، که جریان بداخل یک مخزن یا حرارت ورودی به آن را محدود می‌نماید، بایستی در صورتیکه اندازه‌ی آن در تعیین اندازه‌های شیر اطمینان مخزن مدنظر قرار گرفته باشد، در فهرست ثبت شود. صفحات مانع می‌توانند براحتی برداشته شوند و یک لوله‌ی کوتاه با قطر داخلی کم به صورت بهتری عمل می‌نمایند.

پ) یک شیر کنترل محدودکننده جریان به داخل مخزن یا حرارت ورودی به آن بایستی ثبت شود، اگر اندازه‌ی آن در تعیین اندازه‌های شیر اطمینان مخزن مد نظر قرار گرفته باشد.

برگه‌های یادداشت همراه با شیر کنترل بایستی علامت‌گذاری شوند تا نشان دهند که اندازه‌ی لولا (Trim) نباید بدون چک نمودن اینکه شیر اطمینان هنوز خوب کار می‌کند یا نه تغییر داده شود.

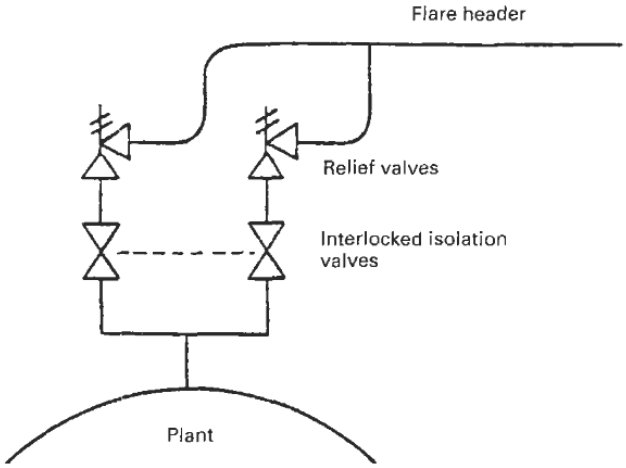
ت) اگر خرابی شیرهای غیر برگشتی (شیرهای یکطرفه) باعث کوچک شدن اندازه شیر اطمینان شود، بایستی آنها را مرتباً بازرسی و ثبت نمود. در صورتی که شیر یکطرفه بخشی از سیستم اطمینان را تشکیل دهد، معمولاً دو شیر یکطرفه از انواع مختلف به طور سری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

10-4-3: تعویض شیرهای اطمینان

برخی مخازن به دو شیر اطمینان با ظرفیت کامل مجهزند، به طوریکه یکی از آنها در حالیکه واحد در حال کار است می‌تواند تعویض شود. در طرفی از شیرهای اطمینان که با واحد در ارتباط است، شیرهای

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

جداکننده معمولاً در زیر هر شیر اطمینان نصب می‌گردند و ارتباط این شیرها با یکدیگر به شکلی است که یک شیر اطمینان همیشه در حالت باز با واحد در ارتباط است (شکل 2-10).



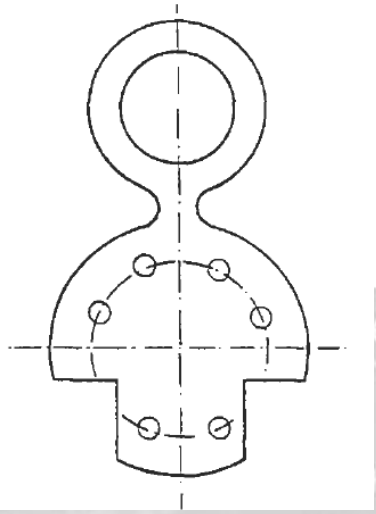
شکل 2-10: دو شیر اطمینان همراه با شیرهای جداکننده‌ی قطع کننده

اگر شیرهای اطمینان بدون مشعل تخلیه شوند، قرار دادن شیرهای جداکننده در سیستم مشعل معمول نیست. در عوض، شیرهای اطمینان به آسانی جابجا شده و قبل از اینکه هوای کافی به داخل مکیده شود تا انفجاری ایجاد نماید، یک صفحه‌ی فلزی مسدود کننده فوراً به انتهای لوله‌ی اصلی مشعل نصب می‌شود. بعدها صفحه‌ی فلزی، برداشته شده و شیر اطمینان به جای آن نصب می‌گردد.

تعمیرکاری در یک واحد، شیر اطمینانی را برداشت و سپس قبل از نصب صفحه‌ی فلزی مسدودکننده برای خوردن ناهار محل را ترک نمود. او تازه برگشته بود که انفجاری به وقوع پیوست. تعمیرکار در اثر انفجار مجروح نشد ولی بر اثر سرخوردن از یک لوله در چنین فرار کمی آسیب جدی دید.

برداشتن یک شیر و نصب یک صفحه‌ی فلزی کار رضایت بخشی است در صورتی که اپراتورها مطمئن باشند که پیش از برداشتن شیر اطمینان، واحد پایدار بوده و احتمال باز شدن این شیر یا هر شیر دیگر وجود ندارد. متأسفانه چنین دستورالعمل‌هایی ممکن است با گذشت زمان نقص شوند. این مسئله در یک واحد:

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 3-10: صفحه ی نشت‌بند مورد استفاده جهت تعویض شیرهای اطمینان

آنها کاملاً می‌دانستند که هوا ممکن است به داخل سیستم مشعل راه یابد و از حادثه‌ای که هم اکنون توضیح داده شد آگاه بودند. اما از اینکه ممکن است روغن خارج کمتر شود اطلاع نداشتند.

هنگامی که یک شیر اطمینان 8 اینچی در حال تعویض بود، شیر اطمینان دیگری باز گردید و بنزین از انتهای باز آن بیرون ریخت، ولی خوشبختانه مشتعل نگشت. تحقیقات نشان داد که در آن زمان اپراتورها در واحد اصلی که در آنجا به کار اشتغال داشتند سرگرم کار بوده‌اند. معاون سرکارگر، مسئول تعویض شیر اطمینان شده بود. او می‌خواست زمانی شیر را تعویض نماید که یک جرثقیل در دسترس باشد.

بهترین راه برای تعویض یک شیر اطمینان در هنگامی که واحد روی خط است، بکارگیری صفحات نشت‌بند نشان داده شده در شکل (3-10) می‌باشد.

همه‌ی پیچ‌های اتصال دهنده‌ی شیر اطمینان به سر مشعل به جز دوتای آنها برداشته می‌شوند. سپس صفحه‌ی نشت‌بند بین شیر اطمینان و سر مشعل جاسازی می‌شود. این صفحه توسط پیچ‌های مخصوصی با سرهای کوچک که از میان سوراخ‌های پیچ موجود در فلنج شیر اطمینان عبور می‌کنند نه از میان سوراخ‌های صفحه‌ی نشت‌بند، محکم می‌شود. سپس دو پیچ آخر می‌توانند برداشته شوند. بدین ترتیب شیر اطمینان برداشته می‌شود. جهت نصب شیر اطمینان جدید عکس این روش انجام می‌پذیرد[4].

این سیستم برای تعویض شیرهای اطمینان روی خطوط با قطر بیش از 4 اینچ، توصیه می‌شوند. هرگز نباید خطوط مشعل را به صفحات لغزنده‌ی معمولی مجهز نمود. زیرا ممکن است آنها در موقعیت انسدادی قرار بگیرند. هنگام تعویض شیر اطمینان نمی‌توان صفحه‌ی نشت‌بند را در محل نگاه داشت، و

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

بایستی مطمئن گردید که یک شیر اطمینان مناسب تعویض می‌گردد. شیرهایی با اندازه‌های داخلی مختلف ممکن است یک شکل به نظر برسد (به بخش 4-2-1 مراجعه نمایید).

10-4-4: لوله‌های انتهایی اگزوز

شکل (10-4) نشان می‌دهد که چه واقعه‌ای برای لوله‌ی انتهایی اگزوز یک شیر اطمینان بخار که بخوبی حمایت نشده بود، به وقوع پیوست.

شکل 4-10: لوله‌ی انتهایی اگزوز شیر اطمینان بخوبی حمایت نشده است.

لوله‌ی انتهایی اگزوز مزبور به سوراخ تخلیه شده مجهز نبود (یا در صورت مجهز بودن، سوراخ بسیار کوچک بود) و در نتیجه با آب پر گردید و هنگام باز شدن شیر اطمینان، آب با فشار زیادی به قسمت بالا و خمیده‌ی انتهایی اگزوز برخورد نمود.

در موارد دیگر حتی با وجود اینکه شیر اطمینان به داخل یک سیستم مشعل تخلیه می‌گردید، سوراخ‌های تخلیه در لوله‌های انتهایی اگزوز شیر اطمینان نصب شده بودند و در نتیجه، گاز پدال محوطه‌ی واحد راه یافت.

در موارد دیگر لوله‌های خروجی شیر اطمینان به خوبی حمایت نشده‌اند و در نتیجه در اثر قرار گرفتن در معرض آتش، شکم داده و تخلیه‌ی شیر را محدود کرده‌اند.

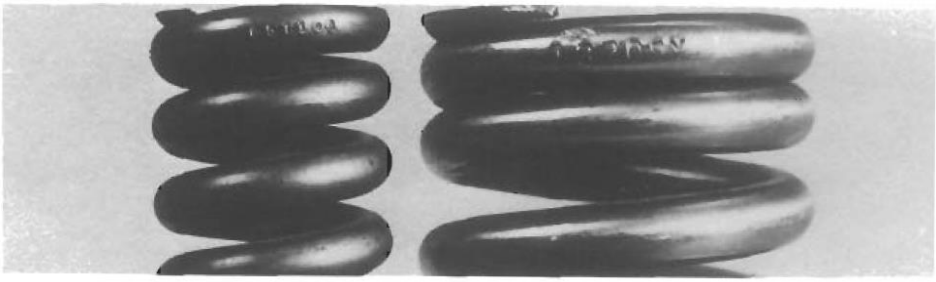
10-4-5: اختلالات شیر اطمینان

بالاخره در اینجا به چند نمونه از اختلالات خود شیرهای اطمینان اشاره می‌نماییم. این اختلالات از خطاهای طراحی ناشی نشده بلکه به دلیل ضعف در تعمیر و نگهداری رخ داده‌اند.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در این رابطه همه‌ی موارد زیر دیده شده است:

1- شماره‌های مشخصه روی فنرها حک شده و بدین ترتیب باعث تضعیف آنها شده‌اند (شکل 5-10).



شکل 5-10: مشخصاتی که در روی بدنه‌ی کویل‌ها حک شده بود، باعث خرابی فنر گردید.

2- کناره‌های فنرها برای فیت شدن سائیده شده‌اند.

3- فنرها خورده شده‌اند.

4- فنر کوچکی داخل یک فنر خورده شده گذاشته شد تا استحکام آن حفظ شود. گاهی دومین فنر نیز به همان شکل فنر اول پیچ خورده، به طوریکه که هر دو فنر به هم گره خورده‌اند (10-6).

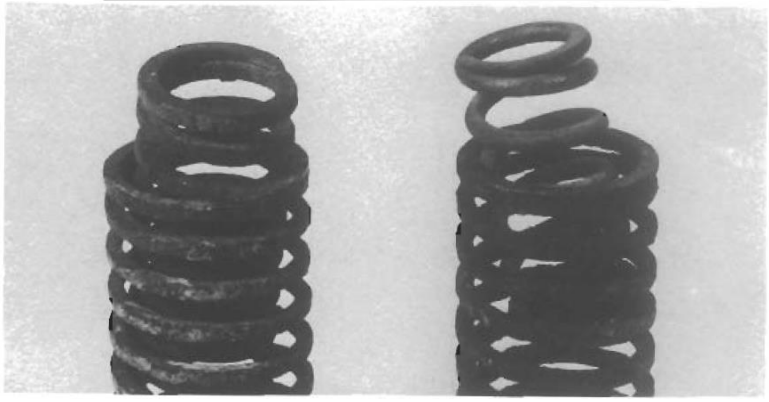
5- استفاده از واشرها جهت حفظ استحکام فنر

6- جوش دادن فنر به سرپوش انتهایی (شکل 7-10)

7- خمیدگی تعمدی میله جهت بستن شیر (شکل 8-10)

8- وجود کویل‌هایی با حلقه‌های بسیار زیاد باعث شده که شیرهای اطمینان در فشار از پیش تنظیم شده به سختی باز شده و یا اصلاً باز نگردند (شکل 9-10).

هرگز پیش خود فکر نکنید که چنین حوادثی در شرکت شما به وقوع بپیوندد (مگر آنکه مدت زمانی را در کارگاه تعمیر شیرهای اطمینان صرف کرده باشید).



شکل6-10: استفاده از فنرهای داخلی اضافی با کیفیت نامشخص جهت تنظیم فشار

http://mohandes-iran.com

شکل 7-10: سرپوش‌های انتهایی جوش داده شده به فنر. فنر در ناحیه‌ی جوش آسیب پذیر شده است.

شکل 8-10: خمیدگی ملایم میله جهت بستن شیر

شکل 9-10: نمونه‌ای کویل با حلقه‌های بسیار زیاد

Refrence:

1. T. A. Kletz. in D. A. Crow1 and S. S . Grossel (editors), Handbook of Toxic Materials Handling and Management, Marcel-Dekker, New York, 1994, Chapter 12.

2. F. P. Lees, Loss Prevention in the Process Irzdustries, Butterworths, London, 1980, Chapter 21.

3. Health and Safe0 at Work, July 1982, p. 38.

4. W. W. Cloe, Selected Occupatioizal Fatalities Related to Fire and/or Explosion in Confined Work Spaces as Found in Reports of OSHA Fataliiy/Catastrophe lnvestigatiorzs, Report No. OSHA/RP-82/002, U.S. Dept. of Labor, Washington D.C. Apr. 1982, p. 32.

5. Reference 4, p. 22.

6. Reference 4, pp. 65-7 1.

http://mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

فصل یازدهم

ورود به مخازن تحت فشار

افراد زیادی به ورود به مخازن و فضاهای بسته به کام مرگ فرو رفته یا بیهوش شده‌اند. زیرا این مخازن به خوبی نظافت یا آزمایش نشده بودند. در این‌جا به چند نمونه از این حوادث اشاره خواهیم نمود. در بخش 3-12 حوادثی در رابطه با نیتروژن توضیح داده شده است. بعضی اوقات به نظر می‌رسد که مخازن خالی، بیش از مخازن پر، حادثه‌ساز هستند. برای اطلاعات بیشتر در زمینه‌ی گام‌هایی که بایستی هنگام آماده نمودن مخازن برای ورود به آنها برداشت به مراجع 1 و 2 مراجعه نمایید.

11-1: مخازنی که از مواد خطرناک پاک نشده‌اند

در حوادث مربوط به این نوع مخازن، آنها به خوبی ایزوله شده اما از مواد خطرناک پاک نگردیده بودند.

الف) مخزنی به وسیله‌ی یک صفحه‌ی تنظیم‌کننده‌ی جریان مایع یا گاز که بایستی برداشته می‌شد به دو بخش تقسیم شده بود. مخزن تمیز شده و مورد بازرسی قرار گرفت و برای رفتن یک کارگر به قسمت چپ مخزن جهت سوزاندن صفحه، مجوز صادر شده بود. نیمه‌ی راست مخزن خارج از دید بود ولی از آنجایی که نیمه‌ی سمت چپ آن تمیز شده و اثری از گاز قابل احتراق در آن به چشم نمی‌خورد، چنین استنباط گردید که نیمه‌ی دیگر نیز پاک و تمیز است (شکل 11-1).

زمانی که جوشکار در مخزن بود برخی از رسوبات در نیمه‌ی راست مخزن آتش گرفت. جوشکار بدون برداشتن یک جراحت جدی از مخزن خارج گردید اما خود را به هنگام خروج در اثر شتاب زخمی نمود.

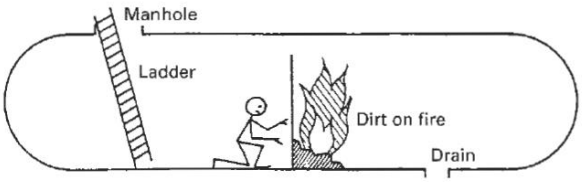
اگر بخشی از مخزن را نتوان بازرسی نموده و یا برای حصول اطمینان از ایمن بودن نتوان آنرا دید، بایستی چنین فرض نمود که مخزن محتوی مواد خطرناک است.

اگر محتویات قبلی مخزن قابل اشتعال باشد بایستی چنین فرض نمود که مقداری از آن مواد قابل اشتعال خارج از دید قرار گرفته است.

اگر محتویات مخزن قبلی سمی باشد، بایستی فرض نمود که مقداری از این مواد زهرآلود خارج از دید قرار گرفته و بایستی حتماً برای رفتن به داخل مخزن از ماسک اکسیژن استفاده نمود.

تنها با انجام تست‌های گاز نمی‌توان به یک نتیجه‌ی نهایی رسید. زیرا ممکن است مقداری گل و لای وجود داشته باشد که با به هم خوردن یا حرارت دیدن، از خود گاز پس دهد.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 1-11: اگر بخشی از مخزن تحت فشار در معرض دید نباشد، باید احتمال کثیف بودن آن را داد.

ب) حادثه‌ی زیر گفته‌ی بالا را روشن می‌نماید. برای پاک نمودن یک مخزن که در آن رنگ مخلوط می‌کردند، آنرا با اکسیلن شستند. با این کار کناره‌های مخزن تمیز شد اما بایستی برخی مواد ته نشین شده را از ته مخزن می‌تراشیدند. مسئول نظافت که نه ماسک اکسیژن به صورت داشت و نه به طناب نجات مجهز بود، در حین کار به واسطه‌ی استشمام اکسیلن که قبلاً در مواد ته نشین شده محبوس شده و بعد به دلیل بهم خوردن آزاد گردیده بود، بیهوش گشت.

ب) پس از صدور مجوز جهت جوشکاری در داخل یک مخزن، استادکار متوجه وجود رسوباتی در دیواره‌ی مخزن گردید. او مقداری از این رسوبات را کند و مورد آزمایش قرار داد و فهمید که می‌سوزند. از این رو مجوز را لغو نمود.

ت) برای انجام بازرسی‌های لازم می‌بایست وارد یک مخزن می‌شدند. مخزن، تنها حاوی مقداری آب بوده و به هیچ دستگاه دیگری نیز وصل نبوده است. از این‌رو آزمایشات معمول انجام نگردید. سه تن وارد مخزن شدند و هر سه از حال رفتند. یکی از این سه تن درگذشت و دو تن دیگر بهبود یافتند. آزمایش نشان داد که در فضای داخل مخزن، اکسیژن کافی وجود نداشته است. احتمال داده شد که در حین فرایند زنگ‌زدگی مقداری اکسیژن مصرف شده است.

در بخش 4-3-5 توضیح داده شد که چگونه این مسئله باعث خرابی یک مخزن گردیده است.

اگرچه معمولاً فرایند زنگ‌زدگی به کندی صورت می‌پذیرد اما تحت شرایطی می‌تواند سرعت یابد. دو نفر در دستگاه تبخیر کننده‌ای که حاوی مقداری کلرید منیزیم مرطوب و گرم بود بیهوش شدند. چندی بعد یکی از آن دو تن درگذشت. بعدها آزمایشات انجام شده نشان داد که میزان اکسیژن موجود در عرض بیست و چهار ساعت تا 1٪ کاهش یافته است. آزمایشات دیگر نشان داد که وقتی رطوبت نسبی از 38 درصدبه 52 درصد رسیده میزان خوردگی ده برابر افزایش یافته است.

هرگز برای وارد شدن به مخازن، میان بر نزده و سعی کنید از مقررات پیروی نمایید. برای اطلاعات بیشتر به بخش 6-11(ب) نیز می‌توانید مراجعه نمایید.

ث) مایعات سمی و قابل اشتعال در داخل یاتاقان‌های مربوط به همزن‌ها محبوس شده و بعداً شروع به نشت کرده‌اند. در یک مورد، کارگری حین کار بر روی یاتاقان بیهوش گردید، با وجود اینکه مخزنی که در آن کار می‌کرد به مدت 17 روز برای وارد شدن باز مانده و باعث پراکنده شدن مایعات محبوس در داخل یاتاقان گشته بود. همواره قبل از صدور مجوز جهت ورود به مخزن سعی نمایید تمامی نقاطی را که

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

ممکن است مایع در آنها محبوس شده باشد بخوبی بازرسی کنید. مخازن بایستی همیشه به صفحه‌ی شناور[1] مجهز باشند. این صفحه تا جای ممکن باید نزدیک به مخزن و مجاور با قسمتی از شیرهای جداکننده[2] که با مخزن در ارتباط می‌باشد قرار گیرد. در غیر این صورت ممکن است مایع، بین شیر و صفحه‌ی لغزنده‌ی محبوس شود.

ج) در موارد متعدد، دیده شده است که کارگران کم تجربه و جوان حین نظافت مخازن بیهوش می‌گردند. مثلاً از پسر شانزده ساله‌ای در اولین روز کارش خواسته شد تا یک مخزن را با پارافین تمیز نماید. او نه تنها به لباس ایمنی و ماسک مجهز نشده بود بلکه هیچ‌گونه نظارتی نیز بر کار او به عمل نمی‌آمد، بنابراین در راه بازگشت به خانه بیهوش گردید.

11-2: وارد کردن مجدد مواد خطرناک به داخل مخازن

گاهی پس از زدودن مواد خطرناک از مخازن، این مواد مجدداً وارد آنها می‌شوند، مانند موارد زیر:

الف) دو نفر برای انجام تست dye-penetrant[3] روی یک جوش با استفاده از تری‌کلراتیلن به داخل راکتوری فرستاده شدند. چون طول جوش 8 متر بود، محلول زود مصرف گشت و از شخصی که در قسمت ورودی مشغول انجام وظیفه بود خواسته شد تا مقدار بیشتری محلول بیاورد. او به مدت ده دقیقه کار را ترک نمود و زمانی که به محل کار خود بازگشت، دو نفری را که داخل راکتور بودند بیهوش یافت. خوشبختانه آن دو نجات یافته و حالشان در مدت زمان کوتاهی بهبود یافت.

مقدار حلالی که می‌توان برای انجام تست dye-penetrant یا منظورهای دیگر به داخل برد بایستی محدود باشد به طوریکه حتی اگر تمام آن تبخیر گردد مقدار گاز از حد مجاز (TLV) تجاوز نکند و در صورتی که هوای مخزن به صورت تهویه‌ی مطبوع جابجا می شود، امکان جریان یافتن و جابجا شدن را پیدا نماید.

کارگزاران کمکی نباید تا زمانی که سایرین در مخزن هستند آنجا را ترک نمایند.

ب) یک مورد باورنکردنی توسط OSHA گزارش شده است، تصمیم گرفته شد که یاتاقانی را که با روش اتصال حرارتی روی یک شفت سوار کنند. شفت را با پاشیدن گاز نفت مایع بر روی یک مشعل استیلن گرم کردند. در نتیجه انفجاری روی داده و یک تن کشته و دو تن مجروح گردیدند.

پ) در همان گزارش به نمونه‌های متعدد از آتش‌سوزی و انفجارهای مرگ‌آور اشاره شده که در حین رنگ‌آمیزی داخل مخازن که گاهی اوقات با اسپری انجام شده، روی داده‌اند. با توجه به اینکه عوامل مشتعل کننده‌ی گاز براحتی می‌توانند یافت شوند، نباید هرگز به کارگران اجازه داد تا در یک فضای قابل اشتعال کار نمایند.

---

[1] Slip-Plate

[2] Isolation Valve

[3] نوعی معاینه‌ی مخصوص که جهت تشخیص سوراخ‌ها و خلل فرج و ترک خوردگی‌های اشیاء غیر مغناطیسی بکار می‌رود و در آن پس از تمیز نمودن قطعه، روی آن را با رنگ مخصوص می‌پوشانند تا از طریق نفوذ رنگ به خلل و فرج موجود در آن قطعه پی ببرند (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

هنگامی که کارگران در مخازن هستند هرگز نباید غلظت بخار قابل اشتعال از بیست درصد حد پایین قابل اشتعال تجاوز نماید و در صورت لزوم بایستی فضای داخل مخازن مرتباً کنترل شود. سایر انفجارات و آتش‌سوزی‌ها در نتیجه‌ی نشت وسایل جوشکاری رخ می‌دهد. موارد دیگری از آتش‌سوزی‌ها با انفجارات در نتیجه‌ی نشت گاز از دستگاه‌های جوشکاری که اغلب با شروع مجدد جوشکاری مشتعل می‌شوند به وقوع پیوسته‌اند.

تست‌های گاز بایستی همیشه قبل از آغاز جوشکاری صورت گیرند. اگر اکسیژن مصرف می‌شود فضای درون مخازن بایستی از نظر وجود اکسیژن و نیز بخارهای قابل اشتعال تست شود.

11-3: مخازنی که از منابع خطر جدا نشده‌اند

لازم است پیش از کسب مجوز برای ورود به داخل یک مخزن یا یک فضای بسته، مخزن را از منابع حاوی مواد خطرناک جدا نماییم. اینکار به کمک صفحه‌ی لغزنده یا قطع خطوط لوله و جدا نمودن تمامی منابع برق ترجیحاً از طریق قطع کابل‌ها انجام می‌پذیرد. در مجموع به نظر می‌رسد که این موارد احتیاط باید رعایت شوند. حوادثی که در نتیجه‌ی قصور در ایزوله نمودن مخازن تحت فشار رخ می‌دهند کمتر از حوادث ناشی از پاک نکردن مواد خطرناک یا حوادث ناشی از ورود مجدد آنها به داخل مخازن، به صورت تعمدی که در بخش‌های 1-11 و 2-11 در مورد آنها توضیح داده شد رایج هستند. با این وجود، حوادث زیر از حوادث نوعی هستند که به وقوع پیوسته‌اند:

الف) راکتوری جهت تعمیرات کلی ایزوله شده بود. زمانی که تعمیرات پایان یافت، صفحات شناور برداشته شده و مخزن آماده راه‌اندازی گردید. کمی بعد مشخص شد که می‌باید یک کار دیگر نیز انجام شود. از این‌رو به کارگران اجازه داده شد تا وارد مخزن شوند، بدون آنکه صفحات جداکننده مجدداً نصب شده و یا تست گاز انجام شود. در نتیجه، انفجاری بر روی مخزن روی داد که منجر به کشته شدن دو نفر و زخمی شدن دو تن دیگر گشت. بعدها مسئولان امر دریافتند که هیدروژن از راه یک لوله‌ی نشتی‌دار به د اخل مخزن نشت نموده است.

ب) در گزارش OSHA حوادثی از قبیل از کار افتادن خطوط بخار آب در اثر خوردگی توضیح داده شده است. این حوادث هنگامی روی داده که کارگران در یک چاله یا فضای بسته که فرار از داخل آن ممکن نبوده مشغول کار بوده‌اند. همواره بایستی قبل از صدور مجوز برای ورود به داخل یک فضای بسته، فشار خطوط بخار آب و گودال‌های حرارتی پایین آورده شده و آنها را ایزوله نمود.

پ) در بعضی از موارد کارگران به این دلیل زخمی شده‌اند که هنگام حضور آنان در مخزن، ماشین‌ها شروع به کار نموده‌اند. برای مثال دو کارگر در یک واحد که در آن لوله‌ها را روکش می‌کردند، در حال نصب تیغه‌های تازه‌ای به دستگاه شماره 2 بودند. سومین کارگر برای روشن نمودن دستگاه دیگر، دکمه‌ای را اشتباهاً فشار داد و دستگاه شماره 2 شروع به کار نمود و در نتیجه یکی از کارگران در این حادثه کشته شد[3].

ت) پیمانکاران مشغول اتصال یک کویل حرارتی به یک مخزن کوچک بودند. ارتفاع این کویل 2/4 و ضخامت آن 1/8 متر، ورود به داخل آن از طریق یک دهانه در بالای آن مسیر بود. یک خط لوله ازت به داخل مخزن وارد شده و شیر ازت نزدیک دهانه قرار داشت. زمانی که کار در شرف اتمام بود یکی از

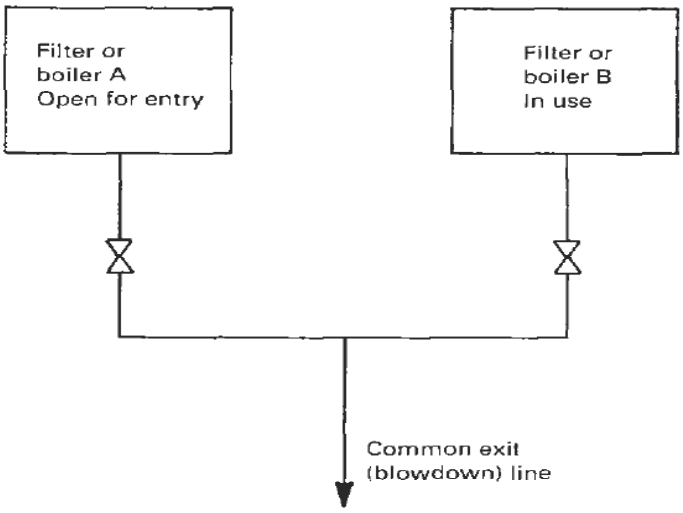
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

کارگران به تنهایی وارد مخزن گردید. جسد آن کارگر در داخل مخزن در حالی یافت شد که شیر ازت باز بود و به همین دلیل اعتقاد بر این است که وی هنگام ورود به طور تصادفی با اهرم شیر ازت برخورد کرده است. اتصال نیتروژن به مخزن بایستی قطع شده و یا صفحه‌ی لغزنده به آن وصل می‌گردید. در این گزارش آمده است که برای ایزوله نمودن منبع مزبور امکاناتی وجود نداشته و حتی شیر نیتروژن نیز کاملاً بسته نشده بود[5].

ث) حادثه‌ی زیر در سال 1910 به وقوع پیوسته، اما نکات آموزنده‌ی آن هنوز قابل استفاده است. دو نفر وارد یک فیلتر گردان شدند تا داخل آنرا را آزمایش نمایند. خط ورودی قطع بود. خط گاز برگشتی به صفحه‌ی لغزنده مجهز بود و شیر خروجی 5 اینچی نیز تماماً باز بود. با این وجود آن دو نفر در اثر گاز آسیب دیدند ولی خوشبختانه توانستند از دریچه‌ی آدم‌رو خارج شوند.

مایع، پس از عبور از شیر خروجی به خطی پیوسته بود که از فیلتر دیگری که در حال کار بود خارج می‌گشت. اعتقاد بر این است که گاز دی‌اکسید کربنی که از مایع فیلتر برمی‌خواست، از خط خروجی به داخل فیلتری که تحت بازرسی قرار داشت وارد شده باشد (شکل 2-11). آزمایش نشان داده است که میزان آلودگی برای خاموش نمودن یک شمع نیز کافی نبوده است.

دریچه‌ی آدم‌رو که در آن زمان مورد استفاده قرار داشت، نسبت به دریچه‌های امروزی کوچکتر بود و اگر افراد داخل مخزن بیهوش شده بودند نجات دادن آنها کاری بس مشکل به نظر می‌رسید. قبل از صدور مجوز به افراد جهت ورود به یک مخزن (Vessel) یا یک فضای بسته، حتماً در مورد چگونگی نجات جان آنها در صورت بیهوش شدن سؤال نمایید.



شکل 2-11: گاز یا مایع از خط مشترک به داخل مخزنی که جهت ورود باز گذاشته شده بود، بازگشت.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

ج) این حادثه مجدداً 45 سال بعد در همان کمپانی رخ داد و یک کشته برجای گذاشت. زمانی که کارگری در داخل یک دیگ بخار کار می‌کرد، سرکارگر فرآیند متوجه گردید که سطح آب در دیگ دیگر، خیلی زیاد شده است. او از یک اپراتور خواست تا سطح آب دیگ بخار را با کمک شیر تخلیه‌ای که به داخل یک خط تخلیه‌ی مشترک خالی می‌گردید پایین آورد. بخار آب از این خط مشترک وارد دیگ بخاری شد که تحت تعمیر قرار داشت. هیچ یک از خطوط دارای صفحه‌ی لغزنده نبوده یا قطع نشده و شیر تخلیه نیز باز نگاه داشته شده بود (شکل 3-11).

به نقل از گزارش آمده که در دفعات قبل کارگران بدون جداسازی (ایزولاسیون) کامل وارد دیگ شده‌اند. به نظر می‌رسد که این حادثه برای اولین بار در یک موقعیت اضطراری پیش آمده باشد. در آن زمان چنین تشخیص داده شد که باز گرداندن دیگ بخار به داخل خط با کمترین تأخیر ضروریست، اگرچه اعتراف شده که ایزوله نمودن این نوع دیگ بخار چندان طول نمی‌کشد (حدود یک ساعت و نیم). بنابراین به نظر می‌رسد که اهمیت بکارگیری روش صحیح به تدریج فراموش شده و در بیش از یک مورد به تعمیرکار دیگ بخار و یک جفت کلیدی که در اختیار اوست اعتماد شده باشد. چون همه چیز به خوبی پیش رفته بود، ظاهراً همان مراحل کار حتی در موقعیت‌های دیگری که عجله نمودن را ایجاب نمی‌کرد دنبال شده است. از شانس بد در این مورد حافظه‌ی تعمیرکار دیگر به او کمکی ننمود.

شیرهای تخلیه‌ی دیگ‌های بخار با کلیدهای مخصوصی کار می‌کردند که به یک گیره (قلاب) مجهز بود، به طوریکه در هنگام باز بودن شیر، برداشتن آن امکان‌پذیر نبود. بنابراین از لحاظ تئوری امکان نداشت که دو شیر تخلیه به طور همزمان باز باشند. با این وجود، تعمیرکار دیگ بخار یک کلید خصوصی بدون قلاب پیش خود داشت و از آن برای باز نمودن شیر تخلیه‌ی روی دیگ تحت تعمیر استفاده کرده بود. او فراموش نموده بود که سرکارگر فرآیند بستن شیر یا کاری را که انجام داده گوشزد نماید. به نظر می‌رسد که وجود این کلید تا زمانی که روش صحیح ایزولاسیون کامل دنبال شده باشد، اهمیت چندانی نداشته باشد اما به محض انحراف از مسیر درست، این کلید اضافی به عملی تبدیل می‌شود که نهایتاً آتش چنین فاجعه‌ای را شعله ور می‌سازد.

هر سیستمی که تنها بر استفاده از یک کلید مبتنی باشد، یک سیستم خطاخیز به شمار می‌آید زیرا تهیه‌ی یک کلید یدکی کار بسیار آسانی است.

11-4: ورود غیر مجاز

الف) اغلب پیمانکارانی که با قوانین و مقررات یک کمپانی آشنا نیستند، بدون اجازه وارد مخازن شده‌اند. برای مثال سرکارگر یکی از پیمانکاران بدون تست و آزمایش مخزن، به مخزن سرباز و از سیستم جداشده‌ای وارد گشت که برای ورود آماده شده بود. از این سرکارگر خواسته بودند تا هزینه‌ی نظافت مخزن را برآورد نماید. او اظهار داشت که نیاز به اخذ مجوز انجام کار برای رفتن به داخل یک مخزن

http://mohandes-iran.com

اطلاعی نداشته است، یک نسخه از مقررات واحد را به این سرکارگر داده بودند اما به خواندن آن اقدام نکرده بود.

اگر درب مخزن باز باشد و هنوز مجوز انجام کاری برای ورود به داخل آن صادر نشده باشد، بایستی روی دریچه‌ی آدم‌رو را با یک درب محافظ پوشاند. اعتماد حاصل نمایید که پیمانکاران قوانین را مطالعه نمایند. قوانین را برای آن‌ها تشریح نمایید.

ب) مباحث مطرح شده در بخش 1-11(ت) و حادثه‌ی مشروحه‌ی ذیل نشان می‌دهد که فقط پیمانکاران بدون مجوز انجام کار وارد مخازن نمی‌گردند.

یک سرکارگر فرایند پیش از مهر و موم شدن مخزن، آخرین بازدیدها را از مخزن به عمل آورد. او واشر کهنه‌ای را در کف مخزن یافت و تصمیم گرفت به داخل رفته و آن را بردارد. سایرین مشغول خوردن ناهار بودند، از این‌رو تصمیم گرفت به تنهایی وارد مخزن شود. او هنگام بالا رفتن از نردبان سرخورد و به زمین افتاد و بیهوش گردید. زبان راه گلویش را بست و در نتیجه خفه گردید.

پ) حادثه‌ای که در بخش 2-3-12(ت) آمده نشان می‌دهد که برای بیهوش شدن لازم نیست افراد کاملاً داخل مخازن شوند بلکه کافی می‌باشد فقط سر خود را داخل آن‌ها نمایند. افراد تحت هیچ شرایطی هرگز بدون اخذ مجوز اجازه ندارند حتی سر خود را به داخل مخازن ببرند.

11-5: ورود به مخازنی با فضای غیرقابل استنشاق

شخصی جهت اتصال یکی از خطوط ورودی، روی پلکان نردبانی ایستاده و آماده رفتن به داخل دریچه‌ی آدم‌روی فاضلاب حاوی مقداری سولفید هیدروژن بود. از این‌رو وی ماسک اکسیژن را آماده نمود. اما چون بیرون از دریچه‌ی آدم‌رو قرار داشت هنوز ماسک اکسیژن را روی صورت قرار نداده بود. پاهای او روی سطح زمین قرار داشتند (شکل 3-11). او قصد پوشیدن لباس مخصوص برای پایین آمدن را داشت که دو تن از همکارانش صدای فریاد او را شنیده و او را در حال سرخوردن به داخل دریچه‌ی آدم‌رو دیدند. آنها قادر به گرفتن او نبودند و بدن او را از قسمت مخزج لوله‌ی فاضلاب خارج ساختند. با اینکه این شخص 1/5 متر از سطح زمین فاصله داشت گاز سولفید هیدروژنی که از فاضلاب متصاعد می‌گردید در او اثر کرده و وی را از حال برده بود.

این حادثه نشان می‌دهد که اگر مخزن یا فضای بسته‌ای حاوی گاز سمی باشد، حتی افرادی که یک متر یا بیشتر با دریچه فاصله داشته باشند بیهوش می‌شوند.

در رابطه با نیتروژن حوادث مشابه با این مورد در بخش 2-3-12(ب) مورد بحث قرار گرفته‌اند. حادثه‌ای که در بخش 2-3-12(پ) و در بالا نیز توضیح داده شد نشان می‌دهد که برای رفتن به داخل مخازنی که میزان گازهای سمی و یا مقدار اکسیژن موجود در آنها آنقدر کم است که خطر فوری را متوجه جان انسان می‌نماید، انجام برخی اقدامات احتیاطی الزامی می‌باشد.

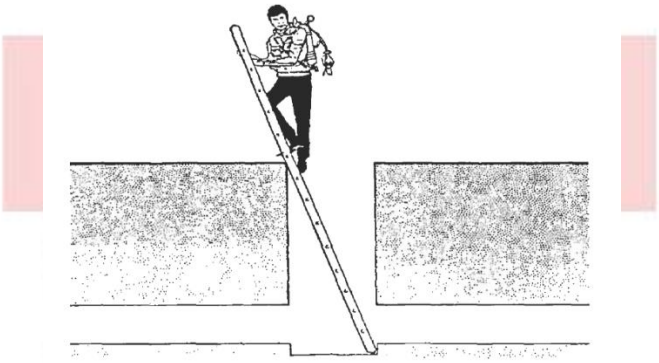
در اکثر موارد برای رفتن به داخل مخازن و فضاهای بسته بایستی حتماً از ماسک اکسیژن استفاده نمود زیرا هوای داخل آنها برای تنفس مطلوب نبوده و یا اگر هوای موجود در آنها برای ساعت‌های طولانی استنشاق شود زیان‌هایی ببار خواهند آورد. تنها در موراد بسیار نادر ورود به مخازن حاوی هوای

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

غیر قابل استنشاق ضروری است. بدین منظور بایستی دو تن که در زمینه‌ی امداد رسانی آموزش دیده‌اند بیرون از دریچه، آماده‌ی انجام وظیفه باشند. آنان بایستی برای نجات جان افرادی که در داخل مخزن هستند، از کلیه‌ی امکانات و تجهیزات برخوردار بوده و آنها را همیشه زیر نظر داشته باشند.

11-6: نجات

اگر شخصی را در داخل مخزنی بیهوش بیابیم، به طور ناخودآگاه حتی اگر ماسک اکسیژنی هم در دسترس نباشد سریعاً به نجات او اقدام می‌نماییم. شجاعت‌های غلط هدایت شده‌ای مانند این می‌تواند به این معنی باشد که افراد دیگر باید بجای یک نفر دو نفر را نجات دهند که حادثه‌ی مطرح شده در ذیل و همچنین در بخش 3-3-12 این موضع را نشان می‌دهد.



شکل 3-11: شخصی در اثر بخارات خارج شده از دریچه‌ی آدم‌رو بیهوش گشت.

الف) پیمانکاری به درون اتاق احتراق یک واحد تولیدکننده‌ی گاز خنثی رفت. او تحت نظر دو نیروی کمکی بود اما منتظر رسیدن ماسک اکسیژن نشد. وی در نیمه راه حین بالا آمدن از اتاق احتراق از حال رفت. بدن او بین نردبان و دیوار اتاق گیر کرده بود و گروه امداد نتوانست به کمک طناب نجاتی که به او بسته شده بود، او را بیرون بکشد. از این‌رو یکی از افراد کمکی برای نجات جان او بدون استفاده از ماسک اکسیژن و طناب نجات به درون اتاق احتراق رفت. شخص مزبور نیز بیهوش گردید. سرانجام پیمانکار را از بین نردبان و دیواره‌ی اتاق احتراق بیرون آورده و جان او را نجات دادند. فرد کمکی نیز با همت نیروی آتش‌نشانی از آنجا بیرون آورده شد ولی متأسفانه مرده بود.

ب) واحدی به سه تن نیاز داشت تا مخازن ثابت نگهدارنده‌ی یک کرجی را بازرسی نمایند. کرجی مورد نظر به یک اسکله‌ی ایزوله شده واقع در بیست کیلومتری آن واحد بسته شده بود. هیچ تستی انجام نشده بود. یکی از مخازن بدون کوچکترین حادثه‌ای مورد بازرسی قرار گرفت. اما نفر اول هنگام وارد شدن

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

به دومین مخزن بین پله‌های نردبان بیهوش گشت. دومین شخص نیز که برای نجات او وارد مخزن شده بود بیهوش گردید. سومین شخص کمک طلبید. بعضی از افراد گروه امداد نیز که برای نجات آنان وارد مخزن شده بودند، بیهوش گشتند. نمایندگان بخش ایمنی که در بیست کیلومتری محل حادثه قرار داشتند با ماسک اکسیژن به محل اعزام شدند. یک نفر قبل از رسیدن کمک درگذشت.

آزمایشاتی که بر روی مخازن دیگر انجام پذیرفته بود نشان داد که میزان اکسیژن موجود در این مخازن تنها 5 درصد بوده است. اعتقاد بر این است که در فرایند زنگ‌زدگی مقداری اکسیژن مصرف شده باشد. مشابه این حادثه در بخش 1-11 (ت) آمده است.

11-7: آنالیز هوای درون مخازن

حادثه‌ی زیر نشان می‌دهد که چگونه اشتباه در تجزیه و تحلیل باعث ورود افراد به فضایی ناامن می‌گردد. در هر دو مورد از کادر آزمایشگاه خواسته شده بود تا هوای داخل مخزنی را آزمایش کنند. در این مورد، اکسیژن موجود در مخزن را با آنالیزر سیاری بررسی کردند که توسط یک دستگاه مکنده از هوای داخل مخزن نمونه‌برداری می‌کرد. یک گرفتگی در دستگاه مزبور ایجاد شده بود، از این‌رو فقط مقدار اکسیژنی ثبت می‌گردید که از قبل در داخل دستگاه وجود داشت. از قبل بایستی یک دستگاه تولیدکننده حباب (Bubbler) یا وسیله‌ی دیگری جهت نشان دادن میزان جریان هوا به دستگاه نصب نمود.

در دومین مورد، نمونه‌برداری بجای اینکه مجاور قسمت میانی مخزن صورت گیرد، نزدیک به دریچه‌ی آدم‌رو انجام گرفت. نمونه‌برداری باید همواره در عمق مخزن انجام شود. برای این کار باید از لوله‌های نمونه‌برداری بلند استفاده نمود. در مخازن بزرگ و طویل و در کانال‌های پر پیچ و خم مثل کانال‌های منتقل‌کننده‌ی گازهای ناشی از سوختن مواد، از چند نقطه باید نمونه برداری نمود.

با هوشیاری کادر اجرایی در هر دو مورد از بروز یک حادثه‌ی جدی جلوگیری به عمل آمد. آنان متوجه اشتباهات موجود در نتایج حاصله از تجزیه و تحلیل‌های هوای داخل مخزن گردیدند و روش نمونه‌برداری را مورد بررسی قرار دادند.

بدون تردید کتابی مثل این، پرونده‌ای است از اشتباهاتی که تا کنون رخ داده و خوب است بتوانیم حوادثی را تشریح نماییم که هوشیاری کادر اجرایی از بروز آنها جلوگیری نموده است.

Refrence:

1. Safety Managernent (South Africa), Apr. 1982, p. 30; and Feb. 1993,
2. Hazards ofAir; 6th edition, American Oil Company, Chicago, 1984.
3. Hazards of Water; 6th edition, American Oil Company, Chicago, 1984.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

4. T. A. Kletz, "Nitrogen-Our Most Dangerous Gas," Proceedings of the Third International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries, Swiss Society of Chemical Industries, 1980, p. 1518.

5. T. A. JSletz. Jozirnal of Hazardous Materials, Vol. 1, No. 2, 1976, p. 165.

6. A.W.M. Davies, Public Enquiry into a Fire at Dudgeon's Wha$on I7 July 1969, Her Majesty's Stationery Office, London, 1970.

7. R. Hoy-Petersen, Proceedings of the First International Symposium on Loss Prevention and Safeg Promotion in the Process Industries, Elsevier, Amsterdam, 1984, p. 325. p. 36.

8. P. E. Macdermott, Petroleum Review, July 1976.

9. J. W. Boley, A Guide to Effective Industrial Safety, Gulf Publishing

10. L. Pilborough, Inspection of Chenzical Plants, Gulf Publishing Co.,

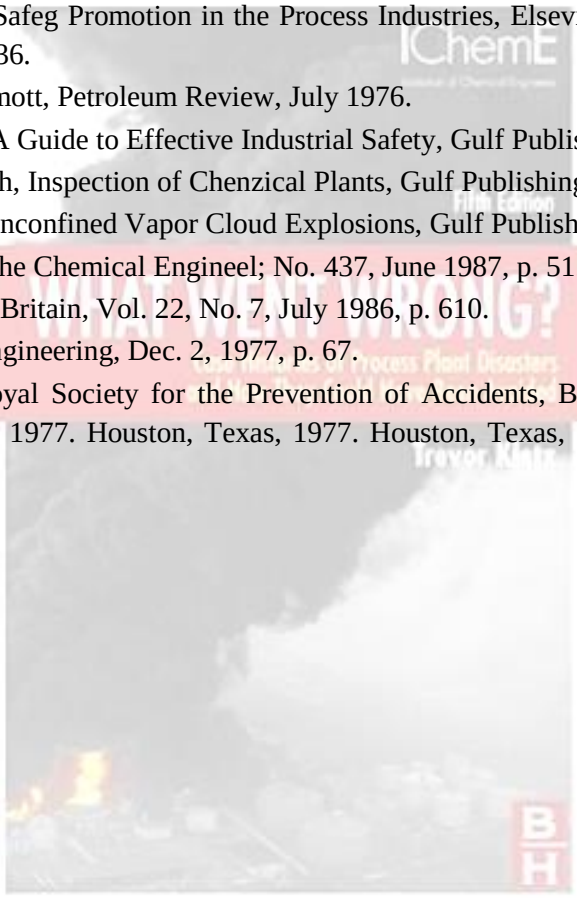
11. K. Gugan, Unconfined Vapor Cloud Explosions, Gulf Publishing Co.,

12. N. Morris, The Chemical Engineel; No. 437, June 1987, p. 51.

13. Chemisty in Britain, Vol. 22, No. 7, July 1986, p. 610.

14. Chemical Engineering, Dec. 2, 1977, p. 67.

15. Bulletin. Royal Society for the Prevention of Accidents, Birmingham. Co, Houston, Texas, 1977. Houston, Texas, 1977. Houston, Texas, 1979. UK, May 1980.



http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل دوازدهم

خطرات مواد معمولی

این فصل درباره‌ی خطرات موادی از قبیل گازها و مایعات بسیار اشتعال‌پذیر یا مواد سمی که خطرناک بودن آنها برای همه مشخص می‌باشد صحبت نمی‌کند. بلکه به بحث پیرامون حوادث ناشی از مواد معمولی و در عین حال خطرناکی مانند آب، مواد نیتروژن و روغن‌های سنگین می‌پردازد.

12-1: هوای فشرده

برای بسیاری از اپراتورها درک نیروی هوای فشرده مشکل می‌باشد. بخش 2-2 (الف) توضیح می‌دهد که چگونه بر اثر مسدود شدن لوله‌ی تخلیه‌ی گاز، انتهای مخزن تحت فشاری منفجر گشته و دو تن بر اثر آن کشته شدند. برای اثبات اینکه خط ورودی پاک می‌باشد، هوای فشرده بدرون مخزن دمیده شده بود. تخمین زده شد که هنگام وقوع انفجار فشار مانومتری به 20 Psi (1/3) بار می‌رسد. اپراتورها باور نمی‌کردند که فقط یک فشار 20 پوندی بتواند تا این اندازه خسارت وارد نماید. بنابراین مجبور گشتند کارشناسان انفجار را بیاورند تا آنان را متقاعد سازند که انفجار مواد شیمیایی در کار نبوده است.

متأسفانه اپراتورها اغلب نیرویی (مثل 20 پوند) را با فشار (مثل20 پوند بر اینچ مربع) به اشتباه گرفته و ضرب کردن پوند را در مساحت انتهای مخزن فراموش می‌کنند.

در بخش 5-13 حادثه‌ی مشابهی توضیح داده شده است. در حوادث دیگری که تجهیزات در اثر هوای فشرده آسیب دیده‌اند در بخش 2-2-5 شرح داده شده است. از آنجائی که کارکنان همواره به نیروی هوای فشرده واقف نیستند، گاهی اوقات از آن برای پاک نمودن گرد و غبار میزهای کارگاه یا پوشاک استفاده کرده و گرد و غبار به چشم‌ها یا خراشیدگی‌های پوست افراد داخل می‌شود. بدتر از این، هوای فشرده به عنوان وسیله‌ای برای بازی و شوخی بکار برده شده است. از جمله مردی در اثر فشار هوای فشرده به روده‌اش درگذشت[1].

بیشتر اوقات آتش‌سوزی ها به هنگام فشرده شدن هوا رخ داده‌اند. روغن روغن‌کاری در بیش از 140 درجه‌ی سانتی‌گراد اکسید شده و در دیواره‌های خطوط تخلیه‌ی کمپرسورهای هوا رسوب کربن‌دار تشکیل می‌دهند. اگر مقدار رسوب کم باشد، با انتقال حرارت از طریق هدایت از شبکه‌ی لوله، رسوب مزبور خنک نگه داشته می‌شود. اما زمانی که مقدار رسوبات بسیار زیاد باشد آتش می‌گیرند. بعضی اوقات لوله‌ی تخلیه تا حد انفجار گرم شده و یا خنک‌کننده‌ی گاز خروجی (After cooler) آسیب دیده است. در یک مورد مقداری از آب موجود در خنک‌کننده‌ی گاز خروجی توسط آتش بخار گردید و با ایجاد یک

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

موج ضربه‌ای، به خطوط آب خنک‌کننده خسارتی جدی وارد ساخت. به منظور جلوگیری از وقوع انفجار و آتش‌سوزی در کمپرسورهای هوا:

1) بایستی دمای تخلیه را زیر 140 درجه‌ی سانتی‌گراد نگاه داشت. چنانچه فیلترهای ورودی تمیز نگاه داشته شده و خط مکش مسدود شده باشد، انجام این کار آسان‌تر است.

2) با پرهیز از تله‌هایی که روغن می‌تواند در آن جمع شود و با نظافت مرتب، بایستی شبکه‌ی لوله‌ی تخلیه را تمیز نگاه داشت. ضخامت رسوبات نباید به بیش از $\frac{1}{8}$ اینچ برسد (3 میلی‌متر). یک آتش‌سوزی در کمپرسوری به وقوع پیوست زیرا دریچه‌های ضربه‌گیر آن طوری طراحی شده بودند که تمیز نمودن آن امری غیر ممکن بود.

3) با مصرف روغن روغن‌کاری مخصوص ممکن است تشکیل رسوبات کاهش یابد. در برخی از کمپرسورهای دوار هوا، سطح وسیعی از روغن در معرض هوا قرار دارد. در این حالت رسوبات می‌توانند تشکیل شده و در دمایی زیر 140 درجه‌ی سانتی‌گراد مشتعل شوند.

معمولاً فضای بعد از خنک‌کننده‌ی گاز خروجی هوا آنقدر سرد است که رسوبات امکان تشکیل شدن یا آتش گرفتن را پیدا نمی‌کنند. اما ممکن است همیشه این مسئله صدق نکند. در یک مورد، خشک‌کن هوای ابزار دقیق به روغن آلوده شده و در طی سیکل خشک کردن آتش گرفت.

خطر دیگر هوای فشرده وجود گرد و غبار (آلی و غیر آلی)، آب و مقادیر ناچیزی از هیدروکربن‌ها در آن است که در صورت زدوده نشدن، این مواد می‌توانند پوسیدگی بیش از حد ابزارآلات را موجب شده و یا محصولات را آلوده سازند. موریس می‌نویسد: «به نظر می‌رسد کسانی که برای ابزارآلات نیوماتیکی یا حتی اسپری‌های رنگ از هوا استفاده می‌کنند، در برابر این ایده که کیفیت نامطلوب هوای فشرده‌ی آنها عواقب جدی به دنبال دارد، از خود مقاومت ذاتی نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد به آن حقیقت که هوا مقادیر انبوهی از ذرات ساینده و آب را به داخل اریفیس‌های خوب ماشین شده و نیز سیلندرهای ابزارآلات آنها انتقال می‌دهد، توجهی نمی‌شود»[12].

زمانی اعتقاد براین بود که بخار هیدروکربن و هوا به صورت کف نمی‌تواند منفجر شود و حتی پیشنهاد شده بود که مخازن محتوی بخار قابل اشتعال را با کف آتش‌نشانی پر نمایند تا برای جوشکاری و سایر کارهای گرم بی‌خطر باشد. حال مشخص شده که این کار صحیح نیست و چنین کف‌هایی می‌توانند منفجر شوند. البته با پرنمودن مخازن از کف‌های ساخته شده از نیتروژن بجای هوا می‌توان آنها را برای جوشکاری بی‌خطر ساخت. اگر مخزن دارای شکاف‌هایی باشد که گاز نیتروژن به سرعت از آنها پخش شود اغلب از این روش استفاده می‌شود. سایر خطرات هوای فشرده در مرجع شماره 2 شرح داده شده است.

12-2: آب

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

خطرات ضربه‌ی آب در بخش 5-1-9 و خطرات تشکیل یخ در بخش 1-1-9 توضیح داده شده است. این بخش حوادثی را توضیح می‌دهد که در نتیجه‌ی تبخیر ناگهانی آب رخ داده‌اند. این حوادث به حوادث سرریزی (Slopovers) جوشیدن و سر رفتن (Boilovers)، کف‌کردن و سررفتن (Foammovers) یا تخلیه (Puking) مشهور هستند. بخش‌های 1-1-9 و 5-4-12 حوادثی را توضیح می‌دهند که در آنها مخازن بر اثر تبخیر ناگهانی آب جمع شده و در یک تله، منفجر گردیده‌اند. اما اکثر سرریزها مانند حادثه‌ی زیر زمانی رخ داده است که یک لایه آب در مخزنی ناگهان بخار شده است.

الف) روغن داغ (پسمانده‌ی یک تقطیر batch) به داخل یک مخزن ذخیره‌سازی مواد پسمانده‌ی سنگین در حال حرکت بود. یک لایه‌ی آب که در مخزن باقی مانده بود (در نتیجه‌ی بخار دادن به خط انتقال روغن پس از اقدامات توضیح داده شده) تبخیر شده و در نتیجه انفجاری به وقوع پیوست. سقف مخزن شکم داد و ساختمان‌هایی با طول بیش از 20 متر از روغن سیاه پوشیده شدند. شخصی که ناظر حادثه بود، اظهار داشت که مخزن منفجر شده است و این انفجار (به دلیل آزاد شدن ناگهانی انرژی) بیشتر به واسطه‌ی عوامل فیزیکی رخ داده تا عوامل شیمیایی.

به منظور پیشگیری از وقوع حوادث مشابه، اگر روغن سنگین به داخل مخزن انتقال داده می‌شود، روغن در حال ورود بایستی زیر 100 درجه‌ی سانتی‌گراد نگاه داشته شود و نیز بایستی یک آلارم ویژه‌ی دمای بالا در خط روغن نصب گردد. با اینکه آب بایستی از مخزن تخلیه شود، مخزن دمایی بالای 100 درجه‌ی سانتی‌گراد نگاه داشته شود و محتویات درون مخزن قبل از حرکت روغن به داخل آن به گردش درآید. علاوه بر این، حرکت روغن به داخل مخزن بایستی با سرعت کمی صورت پذیرد.

ب) در موارد دیگر، لایه‌ی آب به دلیل گرم شدن از طریق هدایت گرما از لایه‌های روغن داغ‌تر در قسمت بالا به طور ناگانی تبخیر شده است. برای مثال جهت پاک نمودن یک مخزن محتوی روغن سنگین، مقداری روغن سبک‌تر به داخل آن ریخته شده و آب توسط کویل محتوی بخار آب گرم گردید. یک لایه آب زیر روغن وجود داشت. به اپراتورها گفته شد که دمای روغن را زیر 100 درجه‌ی سانتی‌گراد نگاه دارند. اما آنان نمی‌دانستند که ارتفاع ترموکوپل (1/5 متر) طوری است که از سطح بالایی روغن پایین‌تر نمی‌رود (1/2 متر). اگرچه ترموکوپل 77 درجه‌ی سانتی‌گراد را نشان می‌داد اما دمای روغن بیش از صد درجه‌ی سانتی‌گراد بود. در نتیجه بخار گردیده و سقف با فشار هر چه تمام به بالا پرتاب گردید. همین که آب شروع به جوشیدن نمود و روغن را بالا برد، فشار هیدرواستاتیک روی آب کاهش یافت و همین باعث گردید تا آب با شدت بیشتری بجوش آید.

پ) مقداری پارافین که برای تمیز نمودن بکار رفته بود، در سطح باقی ماند. در زیر پارافین مقداری آب وجود داشت. کهنه‌های مورد استفاده برای نظافت توسط برخی تجیهزات داغ آتش گرفت و آتش به پارافین داخل سطح سرایت نمود.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شخصی جهت خاموش کردن آتش، یک بیل پر از خاک مرطوب به داخل سطل ریخت. آب روغن مخلوط گردید، به بخار آب تبدیل شد و روغن را بر روی مردی که یکی دو متر آن طرف‌تر ایستاده بود، پاشید. فرد مزبور بر اثر سوختگی جان سپرد.

1- هرگز آب را با روغن داغ مخلوط نکنید.
2- از حلال‌های قابل اشتعال برای پاک نمودن استفاده نکنید.
3- مایعات قابل اشتعال را در سطل حمل نکنید. برای اینکار از ظروف فلزی سربسته استفاده نمایید. به بخش 3-1-7 مراجعه نماید.

به دلیل عدم توجه در استفاده از آب داغ حوادثی روی داده است. هنگامی که مخزن پلاستیکی محتوی آب داغ از ناحیه‌ی درز شکاف برداشت، 5 تن کشته شدند[3]. در واحد دیگری آستین شخصی هتنگام درست کردن چای به شیر هیتر برقی آب گیر کرد. هتر واژگون شده و دو گالون آب داغ بر روی فرد ریخت. شخص مزبور بعد از گذشت 5 روز در بیمارستان فوت نمود[4].

بایستی هیتر به دیوار محکم نصب می‌گشت. اگر هیتر محتوی مواد شیمیایی خطرناک بود، از آن مراقبت به عمل می‌آمد، اما کسی فکر نمی‌کرد که آب داغ خطرناک باشد. مواد شیمیایی تنها خطر موجود در واحد محسوب نمی‌شوند. سایر خطرات در ارتباط با آب در مرجع شماره 3 توضیح داده شده است.

12-3: نیتروژن

به منظور جلوگیری از تشکیل مخلوطهای قابل اشتعال گاز یا بخار با هوا از نیتروژن به طور وسیعی استفاده می‌شود. پیش از ورود هوا به یک واحد، گازها یا بخارات قابل اشتعال توسط نیتروژن به بیرون رانده و قبل از ورود گازها یا بخارات قابل اشتعال به واحد، هوا توسط نیتروژن بیرون رانده می‌شود.

جای هیچ شکی نمی‌باشد مه بدون وجود نیتروژن (یا یک گاز خنثی دیگر)، افراد زیادی در اثر انفجار و آتش‌سوزی کشته می‌شدند. با این وجود بهاء گزافی برای استفاده از فواید نیتروژن پرداخت شده است.

بسیاری از افراد بر اثر استشمام گاز نیتروژن خفه شده‌اند. در سالهای بین 1978-1960 در یک گروه متشکل از چند شرکت (13 تن از کارکنان در اثر انفجار یا آتش‌سوزی)، 13 تن بر اثر مواد شیمیایی خورنده و سمی و هفت تن بر اثر گاز نیتروژن کشته شدند. نیتروژن از خطرناکترین گازها به شمار می‌آید و بدون تردید قاتل خاموش نامی بسزا برای این گاز می‌باشد.

این قسمت حوادثی را توضیح می‌دهد که در آنها افراد در اثر استنشاق نیتروژن کشته شده و یا بیهوش گشته‌اند. برخی از این حوادث بدین دلیل روی داده‌اند که بجای هوا از نیتروژن استفاده شده است. در حوادث دیگر افراد از خطرات نیتروژن غافل بوده و یا از وجود این گاز بی‌خبر بوده‌اند.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

عبارت گاز خنثی که اغلب برای تعریف نیتروژن بکار می‌رود، ما را گمراه می‌نماید. نیتروژن گاز بی‌ضرری به نظر می‌رسد ولی این گاز، گاز بی‌ضرری نیست. اگر شخصی وارد یک فضای حاوی نیتروژن شود، بدون هیچ علامت جسمی اخطار کننده یا بدون کوچکترین احساس ناراحتی ظرف 20 ثانیه بیهوش می‌شود و در عرض سه یا چهار دقیقه به کام مرگ فرو می‌رود. در نهایت فرد چنان به زمین می‌افتد و تعادلش را از دست می‌دهد که گویی با ضربه‌ای از ناحیه‌ی سر از حال رفته است.

12-3-1: به اشتباه گرفتن نیتروژن با هوا

بر اثر بکارگیری هوای فشرده بجای نیتروژن حوادث زیادی به وقوع پیوسته است. به عنوان مثال در یک مورد، اپراتور اتاق کنترل متوجه بوی عجیبی می‌شود. بر اساس تحقیقات معلوم گشت که شیلنگی که به خط نیتروژن وصل بوده، به ورودی دستگاه تهویه متصل شده است. این کار بدین منظور انجام پذیرفته بود تا دستگاه تهویه‌ی اتاق کنترلی که بسیار گرم بود، وضعیت بهتری پیدا کند.

در سایر موارد، اشتباهاً نیتروژن برای تازه کردن هوای درون مخزنی که کارگران در آن مشغول به کار بودند استفاده شده است.

در مورد دیگر، نیتروژن اشتباهاً برای روشن نمودن چراغی بکار رفت که هنگام وارد شدن به یک مخزن بکار برده شده و توسط هوا کار می‌کرد. در مورد مزبور به موقع به این اشتباه پی بردند. در حوادثی جدی‌تر از اینها نیتروژن به ماسک اکسیژن وصل بوده است. به منظور جلوگیری از بروز چنین اشتباهاتی که می‌تواند منجر به حوادث ناگواری شود، بسیاری از شرکت‌ها برای نیتروژن و هوای فشرده از اتصالات متفاوتی استفاده می‌نمایند. با این وجود، همچنانکه حادثه‌ی زیر نشان می‌دهد، هنوز هم اشتباهاتی در رابطه با گاز نیتروژن به وقوع می‌پیوندد.

اپراتوری جهت جلوگیری از تنفس بخارات مضر، کلاه ایمنی ماسک‌داری بر سر نهاد، اما یکباره از حال رفت و به زمین افتاد. او به طور غریزی کلاه را در آورد و فوراً بهبود یافت. بعداً معلوم گردید که کلاه اشتباهاً به جای هوای فشرده به منبع نیتروژن متصل بوده است. برای نیتروژن و هوای فشرده از رابط‌های متفاوتی استفاده شده بود، از این‌رو درک نمودن چگونگی بروز اشتباه در ابتدا مشکل بود.

با این حال در محلی که شخص مشغول انجام کار بود و از نزدیک‌ترین رابط هوای فشرده فاصله‌ی زیادی داشت، بنابراین بایستی برای دسترسی به هوا چندین متر شیلنگ به یکدیگر وصل می‌شدند. این کار با قطع کوپلینگ‌های مخصوص و استفاده از گیره‌ها و مغزی‌های ساده انجام گرفت. سرانجام شیلنگ‌ها از میان سوراخ موجود در دیوار یک انبار عبور داده شده و به یک شیلنگ برآمده وصل گردید. سپس اپراتور به داخل انبار رفت و آنچه را که فکر می‌کرد انتهای شیلنگ برآمده است انتخاب کرده و به خط هوا وصل نمود. متأسفانه در کف انبار چنیدن شیلنگ وجود داشت و شیلنگی که او به خط هوای بیرون وصل نمود بود قبلاً به خط نیتروژن اتصال داده شده بود.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

1) برای ماسک‌های تنفسی از کپسول هوا استفاده نمایید.
2) کلیه‌ی نقاط سرویس را برچسب بزنید.
3) برای نیتروژن و هوا از رابط‌های متفاوتی استفاده نمایید و در مورد تفاوت آنها اطلاع رسانی انجام دهید به طوریکه همه از آن آگاه شوند.

حادثه‌ی دیگر در واحدی رخ داد که در آن فشار موجود در سیستم‌های هوای ابزار دقیق را به هنگام از کار افتادن کمپرسور هوا با نیتروژن ثابت نگاه می‌داشتند. دو اپراتوری که به پوشیدن ماسک اکسیژن نیاز داشتند، آنرا به سیستم هوای ابزار دقیق وصل نمودند. آنان از شکستن کمپرسور و مملو بودن سیستم از نیتروژن اطلاعی نداشتند، به همین جهت هر دو جان خود را از دست دادند[1].

12-3-2: نادیده گرفتن خطرات

الف) یکی از نظافتچیان تصمیم گرفت تا طنابی را که نیمی از آن داخل یک مخزن تحت فشار به شیئی گیر کرده بود باز نماید. نظافتچی مزبور هنگامی که برای باز کردن طناب زانو زده بود، بر اثر استشمام نیتروژن بیهوش گردید. چندی بعد وی اعتراف کرد که در صورت نیاز وارد مخزن تحت فشار نیز می‌گشته است.

ب) در چند مورد افرادی که نزدیک یا روی اتصالات نشتی‌دار خطوط نیتروژن مشغول کار بودند، آسیب دیده‌اند. با وجود اینکه آنان از مضر بودن نیتروژن آگاهی داشتند، به مقداری که برای آنها زیان‌آور بوده و از یک اتصال نشتی‌دار خارج شده توجهی نکردند.

پ) دو نفر که بدون پوشیدن ماسک وارد یک مخزن محتوی نیتروژن شده بودند، کشته شدند. احتمالاً آنان ماسک‌های خود را در مواقع دیگر یعنی هنگامی که هوا برای مدت کوتاهی قابل تنفس بوده درآورده و آگاهی نداشتند که در فضای محتوی 100 درصد نیتروژن، ظرف چند ثانیه بیهوش خواهند گردید. به نظر می‌رسد که نفر اول وارد مخزن شده، ماسک خود را در آورده و بیهوش گردیده و سپس دومین نفر بدون پوشیدن ماسک برای نجات او وارد مخزن شده باشد. معمولاً نباید به مخازنی که محتوی هوای غیر قابل تنفس هستند، اجازه‌ی ورود داد. در صورت اجازه‌ی ورود، رعایت موارد احتیاطی الزامی می‌باشد. به بخش 5-11 مراجعه نمایید.

ت) مجبور نیستید که کاملاً وارد محوطه‌ی سربسته‌ای شوید که به بیهوش شدنتان منجر شود. بُردن سرتان به داخل آن کافی می‌باشد. هنگامی که به واحدی پس از یک توقف از لحاظ نشت، به وسیله‌ی نیتروژن مورد آزمایش قرار گرفت، در یک اتصال مربوط به دریچه‌ی آدم‌روی مخزن تحت فشار یک نشتی کشف گردید. فشار تخلیه شده و از تعمیرکار خواسته شد که اتصال را از نو برقرار نماید. حین انجام این کار اتصال به درون مخزن افتاد. تعمیرکار فوراً بالاتنه خود را به زور وارد دریچه‌ی آدم‌رو نمود به طوریکه بتواند خم شده و اتصال را بردارد.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

دوست تعمیرکار متوجه گشت که او حرکت نمی‌نماید و پی برد که بیهوش شده است و در نتیجه وی را کشان‌کشان به فضای بازی منتقل نمود و حال وی بزودی در آن مکان بهبود یافت.

ث) در حادثه‌ای دیگر، روکش یک مبدل بزرگ برداشه شد درحالیکه جریان نیتروژن به داخل آن جهت حفظ کاتالیست حفظ شده بود. بازرس تقاضای مجوز ورود نکرده بود، زیرا فقط او می‌خواست سرکشی مختصری انجام دهد. خوشبختانه کسی متوجه گردید که او مدتی است حرکت نمی‌کند و در نتیجه وی به موقع نجات پیدا کرد.

12-3-3: عدم اطلاع او وجود نیتروژن

برخی از حوادثی که در بخش 12-3-2 توضیح داده شد، ممکن است در این رده قرار گیرند. بیشتر این اتفاقات در طول نصب یعنی زمانی که گروهی از کارگران منبع نیتروژن را به مخزنی که برای سایرین ناشناخته بود وصل می‌کردند رخ داده است. حادثه‌ی زیر از جمله حوادث فوق‌العاده فاجعه‌آمیز از این نوع به شمار می‌رود:

پرسنل ابزار دقیق در داخل مجموعه‌ای از مخازن جدید مشغول به کار بوده و دستگاه‌های ابزار دقیق را نصب و تنظیم می‌کردند. تقریباً طی هشت هفته‌ی قبل، یک شیر چند راهه‌ی نیتروژن به مخازن نصب شده و آزمایش فشار شده بود. سپس فشار تخلیه گردیده و نیتروژن توسط شیری در محدوده‌ی واحد ایزوله شده بود.

روز قبل از حادثه، خط نیتروژن به فشار نرمال رسانده شده بود زیرا چند مخزن دیگر به نیتروژن نیاز داشتند. در روز حادثه مکانیک ابزار دقیق وارد یک مخزن 2 متر مکعبی گردید تا ابزار دقیق را تنظیم نماید. هیچ مجوز کتبی برای ورود وجود نداشت زیرا افراد دست‌اندرکار به اشتباه معتقد بودند که زمانی که آب یا سیالات فرایند در کار نباشد کسب مجوز ورود ضرورتی ندارد. با وجود اینکه مخزن فقط 6 فوت بلندی داشت و قسمت بالای آن دارای یک درچه‌ی آدرم‌روی سرباز بود، مکانیک بیهوش گردید.

تقریباً 5 دقیقه بعد مهندسی وارد مخزن شد تا ببیند کار چگونه پیش می‌رود. او نفر اول را نقش بر زمین یافت و برای نجات او به داخل مخزن رفت و به محض خم شدن بیهوش گردید. 3 تا 10 دقیقه‌ی بعد مهندس دیگری آمد. او سرپرست فرایند را به همراه خود آورد و سپس وارد مخزن گردید. او نیز بیهوش گشت. سرپرست مزبور مأموران آتش‌نشانی واحد را خبر نمود. قبل از رسیدن آنها، حال سومین نفر به قدر کافی خوب بود که از مخزن خارج شود. دومین نفر نجات پیدا کرد و بهبود یافت اما نفر اول درگذشت. به نظر می‌رسد که یکی دو ساعت قبل از حادثه، شخصی شیر نیتروژنی را که به مخزن ختم می‌شده، باز کرده و سپس آنرا بسته است. از این حادثه چه می‌آموزیم؟

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

1) اگر فردی داخل مخزن یا چاهی بیهوش شود، هرگز نباید بدون ماسک اکسیژن به نجات او اقدام نمایم. بایستی تمایلات طبیعی انسانی خود را در تعجیل به کمک نمودن او محدود سازیم و به جای کمک به یک نفر، دو تن را نجات دهیم. به بخش 6-11 مراجعه نمایید.

2) زمانی که مخزنی به خط سرویس یا فرایند متصل شده است، مسئله اخذ مجوز کامل کار و نحوه‌ی ورود به مخزن بایستی دنبال گردد. در این مورد، این اقدام بایستی هشت هفته قبل از وقوع حادثه انجام می‌پذیرفت و خط نیتروژن باید جدا گردیده یا در محل ورود آن به مخزن از یک صفحه‌ی لغزنده استفاده می‌گردید. بایستی مجوز رسمی برای نصب وجود داشته باشد به طوریکه زمان انجام آن برای همه مشخص شود. اتصال نهایی شیرها در رابط‌ها به خطوط سرویس یا فرایند توسط تعمیرکاران واحد بهتر انجام می‌شود تا توسط گروه نصب. در هر واحد بایستی نحوه‌ی صدور مجوز انجام کار در دستورالعمل واحد قید شود.

3) زمانی که واحد هنوز در حال نصب است، دنبال نمودن روند متداول برای اخذ مجوز کار لازم نیست ولی بایستی یک سیستم برای صدور مجوز اعمال گردد. بایستی قبل از ورود به مخزن، از ایزوله و بی‌خطر بودن آن توسط یک شخص مجرب و کاردان اطمینان حاصل نمود.

هنگامی که مخزنی در حال ساخت است، در ارتفاع معینی از دیوارها (مثلاً برابر با قطر مخزن) بایستی فضای محدودی در نظر گرفته شده و مراحل ورود به مخازن در مورد آن نیز می‌بایست اجرا شود.

4) کلیه‌ی مدیران و گردانندگان امور بایستی از مراحل کار برای صدور مجوز نصب و ورود به مخازن آگاه باشند.

12-3-4: نیتروژن مایع

نیتروژن در دمایی پایین‌تر از اکسیژن به جوش می‌آید و بنابراین اکسیژن روی موادی که با نیتروژن مایع سرد می‌شوند، به مایع تبدیل می‌شود. اگر این مواد قابل اشتعال باشد یک آتش‌سوزی یا انفجار می‌تواند به وقوع بپیوندد.

ذخایر نیتروژن مایع بایستی همیشه قبل از تخلیه به واحد آزمایش شوند. عرضه کنندگان نیتروژن مایع اغلب معتقدند که نیازی به آزمایش نیست. از آنجایی که آنان در کامیون‌های محتوی هوا و نیتروژن مایع از اتصالات مختلفی استفاده می‌نمایند، بروز اشتباه در این مورد غیر ممکن می باشد. با این حال در چنیدن مورد، این امر ناممکن روی داده و بجای نیتروژن مایع، هوای مایع عرضه شده است. در بخش 1-4(ج) حادثه‌ای در این مورد توضیح داده شده است. گاهی اوقات با انجام آزمایش، اشتباه کشف شده، اما دو مورد را می‌شناسم که در آنها اکسیژن با هوای مایع به واحد تغذیه شده است. خوشبختانه در یک مورد آلارمی که هنگام بالا بودن غلظت اکسیژن به صدا در می‌آید، بکار افتاده و در مورد دیگر آلارم ویژه‌ی دمای بالا به صدا در

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

آمـده اسـت. حادثـه‌ی نخسـت در واحـدی رخ داد کـه همـواره کالاهـای ارسـالی اسـتاندارد در آنجـا آزمایش می‌شدند اما یک محمولـه‌ی اضـافی و ویـژه مشـمول ایـن آزمـایش نمـی‌گشـت. آیـا زمـانی کـه آلارم دما و غلظت اکسیژن بـالا، اشـتباهی بـودن محمولـه را اعـلام مـی‌نمایـد، نیـازی بـه آزمـایش قبـل از پذیرش آن محموله هست؟

آلارم ها آخرین اقدام حفاظتی ما به شمار می‌آیند. اگر این دستگاه‌ها از کار بیوفتند، احتمال وقوع یک آتش‌سوزی یا انفجار وجود دارد و از این رو عمدتاً هرگز نباید به آنها اعتماد نماییم. اقدامات بازدارنده بایستی تا جای ممکن جلوی انفجار و آتش‌سوزی را بگیرند [4].

12-4: روغن‌های سنگین (شامل روغن‌های انتقال حرارت)

این عبارت برای تعریف روغن‌های به کار می‌رود که نقطه‌ی اشتعالی بالاتر از دمای محیط دارند. بنابراین آنها در دمای محیط مشتعل یا منفجر نخواهند شد ولی هنگام داغ بودن این اتفاق رخ خواهد داد. متأسفانه بسیاری از افراد از این مسئله غافل می‌باشند و همانگونه که در حوادث ذیل توضیح داده خواهد شد، با بی‌احتیاطی از این روغن‌های سنگین استفاده می‌کنند. در حالیکه در مورد بنزین جانب احتیاط را رعایت می‌نمایند. در بخش 2-12(پ) حادثه‌ی دیگری توضیح داده شده است. روغن‌های سنگین در طیف وسیعی به صورت روغن‌های سوخت، حلال‌ها، روغن‌های روغن‌کاری و روغن‌های انتقال حرارت بکار می‌روند.

12-4-1: مقادیر ناچیزی از روغن سنگین در مخازن خالی

سقف مخزن ذخیره‌ای که محتوی روغن سنگین بود بایستی تعمیر می‌گشت. مخزن تا جای ممکن تمیز شده بود و دو تن از جوشکاران شروع بکار نمودند. آنان متوجه گشتند که دود از لوله‌ی تخلیه خارج شده و از حفره‌ای که ایجاد کرده‌اند، زبانه‌های آتش دیده می‌شود. آنها تصمیم گرفتند تا محل را ترک کنند اما قبل از آنکه بتوانند اینکار را انجام دهند، سقف مخزن بلند شده و شعله‌ای به طول 25 متر به بیرون زبانه کشید. یکی از این افراد کشته شد و دیگری به طرز فجیعی سوخت. پسمانده‌های موجود در مخزن به مدت 10 الی 15 دقیقه همچنان می‌سوخت[3].

با وجود این که مخزن تمیز شده بود، مقادیر ناچیزی روغن سنگین به کناره‌ها یا زیر مناطق زنگ‌زده چسبیده و یا بین صفحات محبوس شده بود. این مقادیر ناچیز روغن با عمل جوشکاری بخار شده و مشتعل گردیده بود. برخی از مخازن قدیمی را فقط در پیرامون لبه‌ی بیرونی آنها جوش می‌دهند و بدین وسیله تله‌ای ایجاد می‌کنند که پاک نمودن مایعات از داخل آن به سختی امکان پذیر است. حتی روغن‌های سبک می‌توانند به این طریق محبوس شوند. به بخش 2-4-5(پ) و شکل (5-10) مراجعه نمایید.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در یک گزارش رسمی[6] حادثه‌ای مشابه توضیح داده شده است. مخزنی با رسوب چسبناک روی دیواره‌ها بایستی تخریب می‌گردید. بخار دادن روی رسوب اثری نداشت ولی هنگامی که مشعلی بیرون مخزن را گرم کرد، از رسوب بخار بلند شد. بخار منفجر شده و شش تن از مأموران آتش‌نشانی را که در آن لحظه روی سقف بودند به کام مرگ رسانید. پاک نمودن مخزن یا سایر تجهیزاتی که آغشته به روغن‌های سنگین، پسمانده‌ها، پلیمرها یا موادی که در دمای محیط جامد هستند، می‌باشند تقریباً محال است، به ویژه اگر مخزن پوسیده باشد.

مخزن محتوی روغن‌های سنگین نسبت به مخازنی که دارای روغن‌های سبکی مثل بزنین هستند، خطرناکترند. بنزین می‌تواند کاملاً پاک باشد.

توجه نمایید درحالیکه روغن‌های سبکی مثل بنزین می‌توانند با آشکارساز گاز قابل احتراق کشف شوند، روغن‌های سنگین قابل کشف نیستند. حتی اگر روغن سنگینی در دمایی بیش از نقطه‌ی اشتعال گرم شود تا قبل از آنکه بخار به عنصر حساس در آشکارسازها برسد، از حرارت آن کاسته می‌شود.

قبل از صدور مجوز انجام کار جوشکاری بر روی مخازن محتو روغن‌های سنگین، مخازن بایستی با گاز خنثی یا کف آتش‌نشانی ساخته شده از گاز خنثی (نه کف آتش‌نشانی ساخته شده با هوا) پر شوند. به بخش 12-3-2 مراجعه نمایید. پر نمودن مخزن با آب می‌تواند حجمی را که باید خنثی گردد کاهش دهد.

12-4-2: مقادیر ناچیز روغن سنگین در خط لوله

بایستی تعدادی از خطوط لوله‌ی قدیمی تخریب می‌گشت. این لوله‌ها تا جای ممکن تمیز شدند و سپس با آشکارساز گاز قابل احتراق آزمایش گردیدند. گاز یا بخاری کشف نشد، از این‌رو اجازه داده شد تا با مشعل آنها را تخریب نمایند. کارگر مسئول در حین انجام این کار بر روی لوله‌هایی که 4 متر از سطح زمین فاصله داشتند، نشست. ماده‌ی قیراندودی از یکی از خطوط چکه کرد و آتش گرفت. آتش به لباس کارگر سرایت نمود و او در اثر سوختگی پاها و صورت در بیمارستان در گذشت. در زمان آزمایش با آشکارساز گاز قابل احتراق، رسوب به اندازه‌ی کافی بخار از خود پس نداده بود.

تمیز نمودن کامل لوله‌هایی که دارای روغن‌های سنگین یا پلیمر هستند، تقریباً محال است. هنگام تخریب خطوط لوله‌ی قدیمی تا جای ممکن بایستی انتهای لوله‌ها باز باشد، به طوریکه که فشار نتواند افزایش پیدا نماید و بایستی راه فرار مناسبی در نظر گرفته شود تا استفاده کننده‌ی مشعل یا جوشکار در صورت لزوم براحتی قادر به فرار از طریق آن باشند.

12-4-3: استخرهای روغن سنگین

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فرایند استخراج سنگ معدن در ساختمانی با کف چوبی در حال انجام بود اما این عمل، بی‌خطر به نظر می‌آمد. زیرا نقطه‌ی اشتعال حلال بکار رفته 42 درجه‌ی سانتی‌گراد بود و به صورت سرد استفاده می‌گشت. حلال نشت شده و به درون چاهی در داخل ساختمان خالی می‌گشت. حین عملیات جوشکاری ذره‌ی شعله‌وری از کهنه به داخل چاه افتاد و ظرف چند ثانیه لایه‌ی نازکی از حلال که آب داخل چاه را می‌پوشاند آتش گرفت. کهنه به صورت یک فتیله عمل نموده و حلال را آتش زد، اگرچه یک جرقه یا یک کبریت چنین عمل نمی‌کرد. آتش به کف چوبین سرایت نمود. برخی از لوله‌های شیشه‌ای منفجر شدند و همین برای آتش سوخت بیشتری فراهم نمود. در عرض چند دقیقه ساختمان آتش گرفت و $\frac{2}{3}$ از تجهیزات داخل آن تخریب گشت[7].

12-4-4: سرریزی‌های روغن سنگین، شامل سرریزی روی عایق‌بندی

پس از تعمیر و نگهداری بخش انتقال حرارت یک واحد، آن قسمت از طریق باز نمودن لوله‌ی تخلیه‌ای در بالاترین نقطه‌ی پمپ و انجام عملیات پمپاژ روغن به درون سیستم از روغن پر گشت تا زمانی که روغن از لوله تخلیه سر رفت. روغن لبریز شده بایستی در سطل جمع‌آوری می‌گردید ولی گاهی سطل مورد استفاده قرار نمی‌گرفت و یا سطل لبریز می‌گردید. کسی در مورد موارد کوچک سرریزی نگران نبود زیرا نقطه‌ی اشتعال روغن بیش از دمای محیط بود و نقطه‌ی جوش و دمای خوداشتعالی آن، هر دو بالای 300 درجه‌ی سانتی‌گراد بودند.

یک ماه پس از سرریزی، روغن آتش گرفت. ممکن بود مقداری از آن جذب عایق‌بندی شده باشد، اما در این صورت همین باعث تنزل و افت روغن گردیده و دمای خوداشتعالی آن‌را پایین می‌آورد به طوریکه در اثر تماس با لوله‌ی داغ مشتعل می‌گشت.

آتش‌سوزی روغن باعث نشت گاز فرایند گردید و در نتیجه انفجاری رخ داد و خسارات موضعی و آتش‌سوزی‌های بیشتری را فراهم نمود.

کلیه‌ی مواد سرریز شده به ویژه آنهایی که مایعاتی با نقطه‌ی جوش بالایی هستند بایستی به سرعت تمیز شوند. روغن‌هاس سبک، تبخیر خواهند گشت اما روغن‌های سنگین بدین صورت عمل نمی‌کنند.

علاوه بر خطر آتش‌سوزی بر اثر سرریزی مواد، خطر سُر خوردن مواد سرریز شده نیز وجود دارد. عایق‌بندی که روغن سنگین (یا هر مایع آلی دیگری) به آن راه یافته باشد بایستی قبل از مشتعل شدن هر چه سریع‌تر برداشته شود. اگر روغن باقیمانده با مواد عایق برخورد داشته باشد، دمای خوداشتعالی آن تا 100 الی 200 درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش می‌یابد[8].

12-4-5: گلوله‌های آتشین روغن سنگین

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

حوادثی که در بخش‌های 2-12 و 2-1-9 تشریح گردید، هنگامی به وقوع پیوسته‌اند که روغن‌های سنگین (در دمایی بالای 100 درجه‌ی سانتی‌گراد) با آب برخورد کرده‌اند. آب در اثر شدت انفجار تبخیر شده و پس از تبخیر مخزن، مخلوط بخار آب و روغن از آن بیرون ریخته است.

در حادثه‌ی دیگری از همان نوع روغن آتش گرفت. کوره‌ای، روغن انتقال حرارت را به چهار ریبویلر[1] می‌رساند. یکی از ریبویلرها جهت تعمیر ایزوله شده و سپس آزمایش فشار بر روی آن انجام پذیرفت. آب از بدنه به بیرون تخلیه گشت ولی شیر تخلیه هشت اینچ بالای صفحه‌ی لوله‌ای که در ته قرار داشت، بود. از این‌رو لایه‌ای از آب در ریبویلر باقی ماند (شکل 1-12).

زمانی که ریبویلر مجدداً مورد استفاده قرار گرفت، آب به داخل خطوط روغن انتقال حرارت ریخته و فوراً تبخیر گشت. این عمل باعث ایجاد ضربه‌ی قوچ و سرانجام انفجار باعث موجگیر شدن مخزن گردید. تخمین زده شد که یک فشار مانومتری 450 Psi (30بار) می‌توانسته موجب انفجار شود. قسمت بالای مخزن به صورت یک تکه جدا شد و باقیمانده‌ی مخزن تحت فشار20 قطعه گردید. روغن داغ، ابری از ذرات معلق را تشکیل داد که فوراً مشتعل گردیده و گلوله‌ی آتشینی به قطر 35 متر را به وجود آورد.

پیشنهاداتی که به دنبال وقوع این حادثه ارائه گردید به قرار ذیل می‌باشد:

1) برای تخلیه‌ی آب از روغن انتقال حرارت و سایر سیستم‌های روغن داغ باید تسهیلات کافی در نظر گرفته شود.

2) جهت آزمایش فشار بایستی به جای آب از روغن استفاده شود.

3) مخازن موجگیر بایستی تقریباً تا نیمه پر شوند و مانند این مورد نباید 90 درصد آن پر شود.

4) در واحدهای جدید، آب بایستی بجای روغن به صورت یک ماده‌ی واسطه انتقال حرارت در نظر گرفته شود. تصمیم برای استفاده از آب باید در مراحل اولیه طراحی اتخاذ گردد، زیرا فشار در عمل بالاتر خواهد بود. اگرچه با این کار هزینه افزایش می‌یابد، اما هزینه‌ی اطفای حریق کاهش می‌یابد.

در برخی واحدها، خطر آتش‌سوزی روغن انتقال حرارت بیش از مواد فرایند است[9-11].

12-4-6: آتش‌سوزی روغن روغنکاری

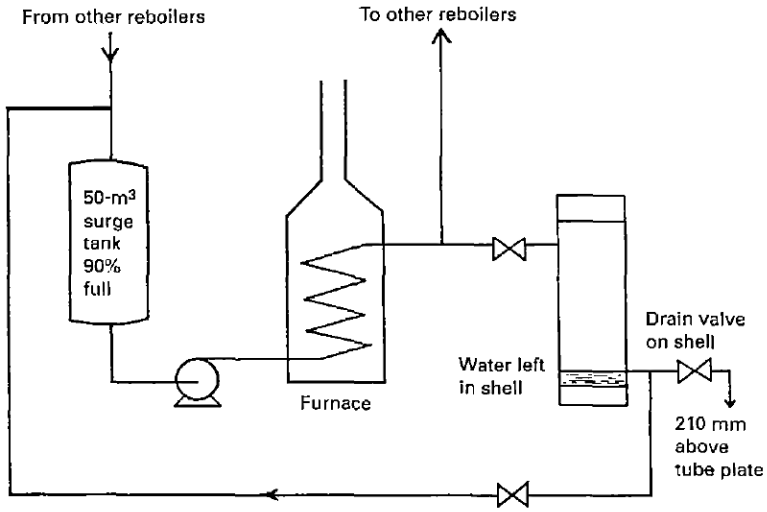
کمپرسور یک واحد اتیلن توسط پمپی که چاهکی را می‌مکید روغن‌کاری گشت. در ابتدا چاهک با دست تمیز شده اما به منظور صرفه‌جویی در انرژی، پمپی نصب گردید تا روغن را از مخزن ذخیره‌ای که

[1] Reboiler یکی از دستگاه‌های کمکی در برج‌های تفکیک که برای ایجاد حرارت اضافی در قسمت پایینی برج طراحی شده است. مایع معمولاً از یک سمت یا از انتهای برج بیرون کشیده شده یا پمپ می‌گردد و به وسیله‌ی این مبدل حرارتی دوباره گرم می‌شود. بدین ترتیب بخارات مایع پسمانده به طور کلی یا به صورت جزئی به برج برگشت داده می‌شود (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

از محل فاصله داشت تأمین نماید. هنگامی که چاهک به مقدار مورد نیاز پر گشت، اپراتور فراموش نمود تا پمپ را خاموش نماید و بدین ترتیب مخزن لبریز گردید.

ظرفیت پمپ از ظرفیت لوله‌ی تخلیه‌ی روی چاهک بیشتر بود. از این‌رو چاهک تحت فشار زیادی قرار گرفت. فشار خط روغن از طریق گیربکسی که خراب شده بود به عقب رانده شد و در ادامه روغن به بیرون ریخته و حریقی صورت پذیرفت. بعد از این اتفاق میزان خسارت 500000 دلار برآورد گردید که ضرر و زیان واقعی ناشی از آن خیلی بشتر بوده است[4].



شکل 1-12: آب باقیمانده در مبدل حرارتی توسط روغن داغ تبخیر گردید.

در واحدهای شیمیایی و پالایشگاه‌های نفت، بخار آب، نیتروژن، هوای فشرده، روغن روغن‌کاری و سایر واحدهای جانبی (آب، گاز، برق) عامل تعداد زیادی از حوادث به شمار می‌آیند. روغن‌های قابل اشتعال خطرناک شناخته شده‌اند اما به سرویس توجه کمی شده است. همچنانکه در فصل 2 پیشنهاد گردید، اگر اصلاح در سیستم روغن‌کاری قبل از اعمال آن به طور سیستماتیک مطالعه می‌گشت، بایستی یک لوله‌ی تخلیه بزرگتر یا یک زانویی و قیف در ورودی چاهک نصب می‌گردید.

Refrence:

1. H. K. Black, Report oil a Fatal Accident and Fire at the West Londoi2 Terminal or? I April 1967, Her Majesty's Stationery Office, London, 1967.
2. T. A. Kletz, Loss Prevention, Vol. 10, 1976, p. 151.
3. Petr-oleLmz Revieiv, July 1976, p. 433.
4. Petroleum Review, July 1976, p. 428.
5. Annual Report of H. M. Inspectors of Explosives for 1967, Her Majesty's Stationery Office, London, 1968.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

6. T. A. Kletz, Lessoizs from Disaster: How Organizations Have No Mer72oiy and Accidents Recq co-published by Institution of Chemical Engineers, Rugby, UK, and Gulf Publishing Co., Houston. Texas, 1993, Chapter 2.

7. R. Hoy-Petersen, Proceedings of the First International Symposium on Loss Prevention and Safeg Promotion in the Process Industries, Elsevier, Amsterdam, 1984, p. 325. p. 36.

8. P. E. Macdermott, Petroleum Review, July 1976.

9. J. W. Boley, A Guide to Effective Industrial Safety, Gulf Publishing

10. L. Pilborough, Inspection of Chenzical Plants, Gulf Publishing Co.,

11. K. Gugan, Unconfined Vapor Cloud Explosions, Gulf Publishing Co.,

12. N. Morris, The Chemical Engineel; No. 437, June 1987, p. 51.

13. Chemisty in Britain, Vol. 22, No. 7, July 1986, p. 610.

14. Chemical Engineering, Dec. 2, 1977, p. 67.

15. Bulletin. Royal Society for the Prevention of Accidents, Birmingham. Co, Houston, Texas, 1977. Houston, Texas, 1977. Houston, Texas, 1979. UK, May 1980.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل سیزدهم

تانکرها و نفت‌کش‌ها

13-1: لبریز شدن

در خیلی از مواقع تانکرها و نفت‌کش‌ها چه به صورت خودکار پرشده باشند و چه به صورت دستی، امکان لبریز شدن آن وجود دارد. در روش‌های اتوماتیک متصدی پرکننده‌ی مواد، مقدار مورد نیاز از محصول را روی کنترلی تنظیم نموده و زمانی که مقدار محصول به حد تعیین شده رسید، شیر به طور اتوماتیک بسته می‌شود. تانکر زمانی لبریز می‌شود که مقدار مورد نیاز به اشتباه روی کنتور تنظیم شده باشد یا از قبل مقداری مایع در مخزن باقی مانده و یا دستگاه پرکننده‌ی مواد از کار افتاده باشد. به همین دلیل امروزه بسیاری از شرکت‌ها، نفت‌کش‌ها و تانکرهای خود را به یک سیستم قطع‌کننده مجهز می‌نمایند که با رسیدن میزان سوخت به یک حد بالا، شیر واقع در لوله‌ی سوخت رسانی را به طور اتوماتیک قطع می‌نماید[8].

تانکرها و نفت‌کش‌هایی که به صورت دستی پر می‌شوند به دلیل آنکه متصدی پرکننده‌ی مواد دقایقی چند کار خویش را رها ساخته و دیر به سر پست خود بازگشته بود لبریز شده‌اند.

در یک مورد متصدی مربوطه تصور نمود که مخزن تانکر از یک بخش تشکیل یافته در صورتی که در حقیقت از دو بخش تشکیل شده بود. او سعی نمود که تمام سوخت را داخل یک بخش بریزد.

در یک مورد دیگر، بعد از آنکه تانکری در طول شب پر گشت، متصدی مربوطه گواهی‌نامه‌ی پر شدن نفت‌کش را بر روی برگه‌ی بسیار کوچکی ثبت نمود و آنرا لابلای اوراق حمل گذاشت. در واقع این روال عادی کار بود.

زمانی که متصدی شیفت بعدی به سرکار آمد، راننده جهت تحویل تانکر باز نگشت و کلیه‌ی برگه‌های ثبت شیفت شب به دفتر واحد ارسال گشت. بنابراین متصدی مربوطه برای یافتن گواهی‌نامه، اوراق حمل را تکان داد. از آنجائی که گواهی‌نامه‌ی مزبور لابلای اورافق دیگر گیر کرده بود، چیزی بیرون نیفتاد. از این‌رو متصدی، بار دیگر به پر کردن تانکر اقدام نمود.

طبق یک گزارش رسمی [1] لبریز شدن یکی از تانکرها به ضعف طراحی دستگاه پیچیده‌ی اتوماتیکی نسبت داده شده بود که در یک ترمینال بزرگ که جهت بارگیری بنزین و سایر هیدروکربنات از آن استفاده می‌گشت، نصب گردیده بود. مقدار درجه‌ی محصول مورد نیاز روی یک کنتور تنظیم شده بود. راننده کارت مجوز انجام کار خود را به دستگاه داده و دکمه‌ی (فشار Start) را فشار داد. مقدار مورد نیاز به صورت اتوماتیک وارد مخزن گردید. می‌بایست قبل از آغاز پر شدن تانکر بازوی پرکننده[1] پایین قرار داده می‌شد.

[1] Filling Arm

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

یکروز به دلیل از کار افتادن دستگاه اتوماتیک سرکارگر تصمیم گرفت تا از حالت دستی استفاده نماید. او از رانندگان خواست تا از بسته بودن شیرهای دستی واقع در خطوط پرکننده‌ی مواد اطمینان حاصل نمایند. ولی خود به وارسی شیرها اقدام نکرد. بعد کلیدهایی را که شیرهای اتوماتیک را باز می‌نمود، بکار انداخت. بعضی از شیرهای دستی باز بودند. بنزین و سایر محتویات مخزن بیرون آمده و تانکر لبریز گشت (یا محتویات آن مستقیماً روی زمین ریخت) و آتش گرفت. در این حادثه سه تن کشته و 11 تن مجروح گردیدند و تمامی 18 ایستگاه پرکننده تغذیه ویران شدند.

در گزارشی آمده است که تصمیم به حذف کنترل‌های فردی بر روی بازوهای بارگیری به کمک یک صفحه‌ی کلید مرکزی بدون استفاده از تدابیر احتیاطی کاملاً مطمئن و سخت، یک فاجعه به شمار می‌آید. از لحظه‌ای که این سیستم نصب گردیده، وقوع یک حادثه دیر یا زود اجتناب ناپذیر شده است.

نصب این صفحه کلید با تأیید مدیریت ترمینال (پایانه) در اتاق کنترلی که ایمنی عملیات در یک کارخانه نادیده گرفته شده است. اگر در زمینه‌ی مسائل ایمنی از همان قدرت تخیل و وسواسی که در زمینه‌ی پیچیدگی تجهیزات و کارایی و بهره‌گیری از واحد و کارگران بکار رفته بود، استفاده می‌گردید دیگر چنین حوادثی رخ نمی‌داد.

13-2: پاره شدن شیلنگ‌ها

در هنگام پر و خالی گشتن تانکرها و نفت‌کش‌ها، شیلنگ‌ها به همان دلایلی که بخش 6-1-7 توضیح داده شده دچار اشکال شده‌اند. اغلب این اشکلات به دلیل استفاده از شیلنگ‌های خراب یا شیلنگ‌هایی که از جنس نامرغوب ساخته شده‌اند، روی می‌دهد. اکثر اوقات شیلنگ‌ها زمانی خراب می‌شوند که تانکر پیش از جدا نمودن شیلنگ، شروع به کردن می‌نماید.

به حوادث زیر که جنبه‌ی نوعی دارند توجه نمایید:

الف) در یک واحد، تانکری در حال پر شدن از یک گاز قابل اشتعال مایع به حال خود را رها شده بود. ساعتی بعد سرکارگر حمل و نقل به خیال این که تانکر آماده است، راننده‌ای را جهت تحویل آن اعزام نمود. کسی در دفتر واحد حضور نداشت. از این‌رو راننده به بخش بارگیری رفت و متوجه گشت که تانکر به زمین متصل است. رابط اتصال به زمین طبق معمول به فرمان محکم شده بود تا راننده نتواند قبل از جدا شدن آن تانکر را حرکت دهد. او رابط را باز نموده و حرکت کرد و در نتیجه شاخه‌ی تغذیه، قطع و شیلنگ متصل به خط تخلیه پاره گشت.

خوشبختانه با وجود باز بودن شیرها جریانی در خط تغذیه وجود نداشت و نشتی نسبتاً کم بوده و به آتش‌سوزی منفجر نگردید.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

طبق دستورالعمل‌های واحد بایستی یک متوقف‌کننده‌ی قابل حمل در مقابل تانکری که در حال پر شدن بود، قرار داده می‌گشت. اما متأسفانه از این وسیله استفاده‌ای نگردید. با این وجود اگر هم از این متوقف کننده استفاده می‌گشت، امکان آنکه راننده آن‌را بردارد نیز وجود داشت.

در مرجع شماره‌ی 2 درباره‌ی وسیله‌ای که هنگام متصل بودن شیلنگ روی نفت‌کش سوار شده و از حرکت کردن آن ممانعت به عمل می‌آورد، توضیح داده شده است. یک صفحه‌ی (plate) در مقابل محل اتصال شیلنگ نصب شده و برای اتصال شیلنگ، صفحه‌ی مزبور می‌بایست کنار زده شود. همین کار باعث بکار افتادن ترمز می‌شود. در مرجع شماره 3 یک نوع شیلنگ خاص توضیح داده شده است که در صورت پاره شدن به طور خودکار می‌بندد.

شیرهای جدای جداکننده‌ی اضطراری که از راه دور کنترل می‌گردند بایستی در خطوط تغذیه نصب شوند. (به بخش 1-2-7 مراجعه نمایید.) اگر شیلنگ بنا به هر دلیلی پاره شود، می‌توان با فشار دادن دکمه‌ای که در فاصله‌ی امنی قرار دارد جریان را متوقف ساخت. از جریان برگشتی یک تانکر یا نفت‌کش می‌توان به کمک یک شیر یک طرفه (nonreturn) جلوگیری نمود. توجه نمایید که چندان واجب نیست تانکر محتوی گازهای قابل اشتعال مایع را به زمین متصل کنیم زیرا در مخزن تانکر، هوایی وجود ندارد.

ب) در یک ایستگاه سرویس‌دهی، از تانکری که در یکی از مخازن خود سوخت دیزل حمل می‌کرد، گازوئیل در حال خارج شدن بود. برای صرفه‌جویی در وقت، راننده تصمیم گرفت که در حین خارج شدن گازوئیل، سوخت دیزل را نیز خارج نماید. برای این کار او مجبور بود تانکر را به اندازه‌ی یک یا دو متر حرکت دهد. درحالیکه تخلیه سوخت دیزل ادامه داشته، او تانکر را به آرامی به سمت جلو راند. شیلنگ به یک مانع گیر کرد و از محل اتصال خود جدا گردید. بنزین به بیرون راه یافته و پس از برخورد با یک منبع حرارت آتش گرفت. در نتیجه ایستگاه سرویس دهی و تانکر هر دو ویران شدند[4].

13-3: آتش‌سوزی و انفجار

تعدادی از انفجارات و آتش‌سوزی‌های تانکرها و نفت‌کش‌ها حین پرشدن آنها رخ می‌دهد. رایج‌ترین علت این آتش‌سوزی‌ها کنترل سیستم پرکننده به کمک کلید است. مخزنی که از قبل حاوی مقداری بخار قابل اشتعال است (مثل بخار گازوئیل) با مایع مطمئن‌تری مثل نفت‌گاز که نقطه‌ی جوش بالاتری دارد پر می‌شود. نفت‌گاز با حرارت محیط مشتعل نمی‌شود. از این‌رو برای جلوگیری از ایجاد الکتریسیته‌ی ساکن معمولاً به تدابیر احتیاطی خاصی نیاز نیست. ممکن است مخزن به سرعت از مایع پر شود و یا احتمالاً مایع با پاشیده شدن به اطراف به درون آن ریخته شود، الکتریسیته‌ی ساکن ایجاد شده و از مایع جرقه‌هایی به دیواره‌ی مخزن جهیده و بخار بنزین مشتعل می‌گردد.

مشابه این حادثه در تانکری روی داد که معمولاً حامل مایعات زائد بود. زمانی که تانکر با مایع غیر قابل اشتعالی پر می‌گشت، راننده در بالای تانکر ایستاده و سیگار می‌کشید. ناگهان انفجاری به وقوع

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

پیوست و درپوش دریچه‌ی آدم‌رو به 60 متر آن طرف‌تر پرتاب گردید. نوبت قبل، این تانکر مایع زائدی را با خود حمل می‌نمود که حاوی گاز قابل اشتعال به صورت محلول بود. مقداری از این گاز در مخزن باقی مانده و زمان بارگیری بعدی تانکر، با فشار به بیرون راه یافته بود. مایعات قابل اشتعال حتی اگر دمای آنها تا حد اشتعال بالا نرفته باشد نباید با فشار به درون مخزن ریخته شوند. این طریق ریختن ممکن است باعث شود که مایع به صورت اسپری در آمده و توسط الکتریسیته‌ی ساکن مشتعل شود. اسپری‌ها نیز مانند گرد و خاک در هر دمایی قابل اشتعال هستند.

در یک مورد تانکری نیز با فشار از گازوئیل که نقطه‌ی اشتعال آن 60 درجه‌ی سانتی‌گراد است، پر گشت. با این کار مقدار زیادی مه ایجاد شده و روی نفت‌گاز نیز الکتریسیته‌ی ساکن ایجاد گردید. با تخلیه شدن این الکتریسیته، مه مشتعل گشت. در نتیجه یک شعله به ارتفاع ده متر به هوا برخواست اما انفجاری روی نداد. به محض سوختن مه، شعله‌ها خاموش گردیدند.

در تأسیسات مزبور چندین هزار تانکر با فشار از نفت‌گاز پر شده بودند قبل از اینکه زمینه برای یک آتش‌سوزی مساعد شود. در زمان حمل مایعات و گازهای قابل اشتعال نبایستی گفت: «همه چیز مرتب است. بیست سال است که ما به همین منوال عمل نموده و هرگز با یک مورد آتش‌سوزی هم مواجه نشده‌ایم». اگر وقوع انفجار در بیست و یکمین سال مسئله‌ای نباشد آن‌وقت می‌توان این حرف را زد.

دقت نمایید که اتصال تانکر به زمین از اشتعال بخار بواسطه‌ی دشارژ شدن الکتریسیته‌ی ساکن جلوگیری نمی‌نماید. اتصال تانکر به زمین از دشارژ بین مخزن و زمین جلوگیری می‌کند، اما مانع دشارژ شدن بین مایع موجود در مخزن و مخزن یا بازوی پرکننده‌ی آن نمی‌شود. برای کسب اطلاعات بیشتر در زمینه‌ی الکتریسیته‌ی ساکن به فصل 15 مراجعه نمایید.

3-4: گازهای مایع قابل اشتعال

تانکرها و نفت‌کش‌هایی که با خود گاز مایع تحت فشار در دمای محیط حمل می‌نمایند، خطرات بیشتری را به وجود می‌آورند.

در زمان پر شدن مخازن، بخار به داخل یک دودکش یا مشعل تخلیه شده و یا از طریق یک لوله‌ی برگشت بخار که در بالای مخزن نصب شده به واحد برمی‌گردد. به نقل از یک گزارش [5] یکی از آتش‌سوزی‌ها به این دلیل روی داد که متصدیان پرکننده‌ی مواد از لوله‌ی برگشت، بار را وصل نکرده بودند. بخارات در محوطه پخش شده و هفت تن را مجروح ساختند. به دنبال این حادثه، در نتیجه‌ی تحقیقاتی که در یکی از تأسیسات بزرگ دیگر انجام پذیرفته بود، معلوم گردید که متصدیان پرکننده‌ی مواد آنجا نیز، اتصال خطوط بخار را فراموش کرده بودند. در یک مرجع [5] نیز گزارش شده که در واحد دیگر خط برگشت بخار اشتباهاً به خط تغذیه دیگری وصل شده بود. بخار قادر به خارج شدن نبوده، فشار در داخل مخزن افزایش یافته و شیلنگ پرکننده‌ی مواد منفجر گشت. در خط تغذیه، شیر جداسازی

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

اضطراری وجود نداشته و نیز هیچ شیر یک طرفه‌ای بر روی مخزن به چشم نمی‌خورد (به بخش 2-13(الف) مراجعه نمایید). لازم به ذکر است که شیر مخصوص جریان مازاد نیز وجود نداشت. در نتیجه نشتی قابل توجهی روی داد.

خطوط برگشت بخار و خطوط تغذیه بایستی به رابطه‌هایی در اندازه‌ها و انواع مختلف مجهز باشند.

در بخشی 2-13 (الف) حادثه‌ی دیگری در رابطه با گازهای مایع قابل اشتعال تشریح شده است.

13-5: هوای فشرده

اغلب برای تخلیه تانکرها و نفت‌کش‌ها از هوای فشرده استفاده می‌نمایند. گلوله‌های پلاستیکی یکی از چیزهایی هستند که توسط جریان هوا از داخل تانکرها بیرون رانده می‌شوند. زمانی که مخزن خالی است، راننده درون مخزن را خالی کرده و سپس از میان دریچه‌ی آدم‌رو به وارسی مخزن می‌پردازد تا از خالی بودن آن اطمینان حاصل نماید. یک روز یک راننده موقت قبل از آزاد نمودن فشار درون مخزن، دریچه‌ی آدم‌رو را باز نمود. هنگامی که دو عدد از پنج عدد چفت و بست آسان باز شونده‌ی دریچه، باز گردید، دریچه‌ی آدم‌رو در اثر فشار گاز با شدت باز شده و راننده از بالای مخزن پرت گردید و پس از سقوط کشته شد.

چه راننده فراموش کرده باشد که مخزن را تخلیه نموده و یا فکر کرده باشد که با خروج فشار از دریچه‌ی آدم‌رو (فشاری معادل 0/7 بار یا 10 Psi) مشکلی پیش نمی‌آید، در هر حال فرقی نمی‌کند. پس از این حادثه درپوش دریچه‌ی آدم‌رو باز گردید. با اولین حرکت، دریچه حدود $\frac{1}{4}$ اینچ بالا می‌آید در حالیکه هنوز قادر است کل فشار را تحمل نماید. اگر فشار گاز با خروج آن کاهش نیافته باشد، این مسئله به فوریت مشخص گردیده و دریچه را می‌توان مجدداً بسته و یا به گاز اجازه‌ی خروج داد.

به علاوه دستگاه تخلیه گاز جابجا و در پای نردبان قرار داده شد[6].

برای بسیاری تعجب‌آور بود که چگونه فشار 10 پوندی باعث پرتاب شدن فردی از بالای مخزن شده است. در واقع آنان فراموش کرده بودند که 10 Psi فشار کمی نیست. 10 Psi معادل 10 پوند فشار بر هر اینچ مربع می‌باشد (به بخش 1-12 مراجعه نمایید).

مشابه این حادثه در بخش 1-17 تشریح شده است.

13-6: سرازیر شدن (کج شدن) تریلرها

در موارد متعددی، تریلرها به دلیل آنکه ابتدا مخزن پشتی آنها تخلیه شده، سرازیر یا کج شده‌اند، مانند شکل (13-1).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

متصل نگاه داشتن تریلر به تانکر در حین بارگیری با تخلیه بار، همواره امکان‌پذیر نیست. اگر تریلر به تانکر متصل باشد، قسمت‌های جلو را باید بعد از باقیمانده‌ی قسمت‌ها پر و قبل از بقیه‌ی قسمت‌ها خالی نمود و یا زیر قسمت جلوی آن باید یک حائل قرار داد.

شکل 1-13: در صورت نخست تخلیه شدن مخزن پشتی ممکن است تریلر سرازیر (کج) شود.

13-7: تخلیه یا پر کردن تانکر در / از محل نامناسب

بیشتر مواقع تانکرها اشتباهاً درون مخزن دیگری خالی می‌شوند. حادثه‌ی زیر نمونه‌ای از این واقعه است:

یک تانکر محتوی ایزوپروپانول (Isopropanol) شب هنگام به کارخانه رسید. این تانکر به واحدی هدایت شد که به طور مرتب به وسیله‌ی تانکرها تغذیه می‌گردید. از آنجایی که متصدیان مربوطه در انتظار اتیلن گلیکول (Ethylene Glycol) بودند، بدون توجه به برچسب یا رسید محموله محتویات داخل آن را به مخزن اتیلن گلیکول خالی کرده و صد تن از آن ماده را آلوده ساختند.

خوشبختانه در این مورد هیچ‌یک از دو ماده‌ی مزبور روی هم اثر نکردند. اشخاصی که اسید را به درون مخازن محتوی مواد قلیایی خالی می‌کنند از شانس کمتری برخوردارند.

یک واحد تترا اتیل سرب و فلوئورید هیدروژن را در تانکرهایی با شکل، رنگ و علامت‌های متفاوت دریافت نمود. یک روز فلوئورید هیدروژن با تانکری که معمولاً برای حمل تترا اتیل سرب بکار می‌رفت به واحد رسید. در نتیجه فلوئور هیدروژن را به مخزن ترا اتیل سرب انتقال داد. هنگامیکه متصدی متوجه شد که دود سفید رنگی از لوله‌ی تخلیه‌ی گاز روی تانکر به هوا برخواسته، از ادامه‌ی تخلیه‌ی محتویات

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

تانکر به مخزن خودداری نمود. محتیات درون مخزن تترا اتیل سرب خراب گردید اما خوشبختانه واکنشی صورت نپذیرفت[9]. عدم همدردی با اپراتورها کاری بس دشوار است. در واقع تحویل فلوئورید هیدروژن با تانکرهایی که معمولاً برای حمل تترا اتیل سرب بکار می‌رفت، آنها را به اشتباه انداخته بود. (به فصل 3 مراجعه نمایید). منطقی این بود که آورنده‌ی فلوئور هیدروژن توجه اپراتور را به تغییر ماده‌ی درون تانکر جلب نماید.

واحدی سود سوزآور را در یک نفت‌کش و اسید را در یک تانکر دریافت نمود. یک بار اسید سود سوزآور با تانکری که برچسب سود سوزآوری روی آن دیده می‌گشت. در برگه‌های تحویل نیز «سود سوزآور» قید شده بود.

اما اپراتورها طبق معمول عادت داشتند اسید را در واگن دریافت نمایند. به همین دلیل برای ساختن آداپتوری که بتوانند از طریق آن محتویات تانکر را به داخل مخزن اسید پمپ نمایند، دو ساعت وقت صرف گردید.

در موارد دیگر تانکری اشتباهاً با ماده‌ای دیگر پر شده، خصوصاً اکسیژن مایع یا هوای مایع بجای نیتروژن مایع پر شده بود. حوادثی که در نتیجه‌ی برچسب‌گذاری‌های غلط روی داده است در بخش 1-4 (ج) توضیح داده شده است.

نیتروژن مایع بایستی همیشه قبل از تخلیه آنالیز شود.

نویسنده از وقوع انفجاری که در نتیجه‌ی تحویل اکسیژن مایع بجای نیتروژن مایع رخ داده باشد، اطلاعی ندارد. اما همان طور که در بخش 2-3-12 آمده است در یک مورد نیتروژن برای خنثی نمودن یک بستر کاتالیست بکار رفته و کاتالیست مزبور داغ گردید. در یک مورد دیگر زنگ خطر مربوط به غلظت بالای اکسیژن در واحد به صدا در آمده و در مواردی بررسی‌های دقیق نشان داده که اکسیژن تحویل داده شده است.

غالب عرضه‌کنندگان گازهای مایع ابراز می‌دارند که برای اکسیژن و نیتروژن مایع از شیلنگ‌های متفاوت استفاده می‌شود. از این‌رو دیگر اشتباهی نمی‌تواند رخ دهد. با این وجود احتمالاً به دلیل گزارش معروف اپراتورها به استفاده از آدابتور، اشتباهاتی به وقوع پیوسته‌اند.

حادثه‌ی زیر به جای مخازن حاوی مواد در رابطه با سیلندرهای حاوی مواد رخ داده و نشان می‌دهد که دقت و هوشیاری نسبت به موارد غیر عادی تا چه حد می‌تواند از بروز یک حادثه جلوگیری نماید.

در واحدی از سیلندرهای بزرگ حاوی نیتروژن استفاده می‌گشت. روزی یک سیلندر اکسیژن برای واحد دیگری در نظر گرفته شده بود، اشتباهاً به این واحد تحویل گردید. سرکارگر متوجه گشت که اتصالات و رنگ سیلندر کمی غیر عادی به نظر می‌آید و برای او عجیب بوده فقط یک سیلندر تحویل گرفته است.

معمولاً سیلندرهای متعددی در هر بار تحویل داده می‌گشت. با این وجود او سیلندر مزبور را پذیرفت. وی توجه نکرد که در صورت حساب، اکسیژن قید شده است. صورت‌حساب مزبور طبق معمول جهت

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

پرداخت به بخش خرید ارسال گشت. متصدی جوانی که با این مسائل سر و کار داشت، متوجه گردید که اکسیژن به واحدی تحویل داده شده است که هرگز قبلاً اکسیژن دریافت نمی‌کرده است. او موضوع را به سرپرست خود اطلاع داده و با تماس وی با واحد، اشتباه روشن گردید. برای کسب اطلاع بیشتر در این زمینه به بخش 7-11 مراجعه فرمایید.

13-8: تماس با خطوط حامل برق

بعضی اوقات درپوش دریچه‌ی آدم‌رو بر روی تانکرها با سیم محکم می‌شود. انتهای شل سیم‌ها که از درپوش دهانه‌ی آدم‌رو خارج شده با سیم برق بالای آن که برق را به ترن می‌رساند تماس پیدا کرده و یک اتصال کوتاه ایجاد شده است.

در کشور انگلیس معمولاً بین بالاترین نقطه‌ی تانکر و پایین‌ترین نقطه‌ی کابل‌ها یک شکاف چهار اینچی وجود دارد. اما اگر این شکاف به کمتر از دو اینچ برسد جرقه زده خواهد شد[7].

بعضی اوقات مشابه این حوادث در خطوط راه‌آهنی رخ داده که از یک ریل برقی سوم، برق دریافت می‌کنند. کلاهکی که لوله‌ی تخلیه‌ی الکتریکی را می‌پوشاند در اثر لرزش شل شده، زنجیر نگهدارنده بسیار طویل بوده و کلاهک با ریل سوم تماس حاصل کرده است[7].

Refrence:

1. H. K. Black, Report oil a Fatal Accident and Fire at the West Londoi2 Terminal or? I April 1967, Her Majesty's Stationery Office, London, 1967.

2. T. A. Kletz, Loss Prevention, Vol. 10, 1976, p. 151.

3. Petr-oleLmz Revieiv, July 1976, p. 433.

4. Petroleum Review, July 1976, p. 428.

5. Annual Report of H. M. Inspectors of Explosives for 1967, Her Majesty's Stationery Office, London, 1968.

6. T. A. Kletz, Lessoizs from Disaster: How Organizations Have No Mer72oiy and Accidents Recq co-published by Institution of Chemical Engineers, Rugby, UK, and Gulf Publishing Co., Houston. Texas, 1993, Chapter 2.

7. R. Hoy-Petersen, Proceedings of the First International Symposium on Loss Prevention and Safeg Promotion in the Process Industries, Elsevier, Amsterdam, 1984, p. 325. p. 36.

8. P. E. Macdermott, Petroleum Review, July 1976.

9. J. W. Boley, A Guide to Effective Industrial Safety, Gulf Publishing

10. L. Pilborough, Inspection of Chenzical Plants, Gulf Publishing Co.,

11. K. Gugan, Unconfined Vapor Cloud Explosions, Gulf Publishing Co.,

http://mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

12. N. Morris, The Chemical Engineel; No. 437, June 1987, p. 51.

13. Chemisty in Britain, Vol. 22, No. 7, July 1986, p. 610.

14. Chemical Engineering, Dec. 2, 1977, p. 67.

15. Bulletin. Royal Society for the Prevention of Accidents, Birmingham. Co, Houston, Texas, 1977. Houston, Texas, 1977. Houston, Texas, 1979. UK, May 1980.

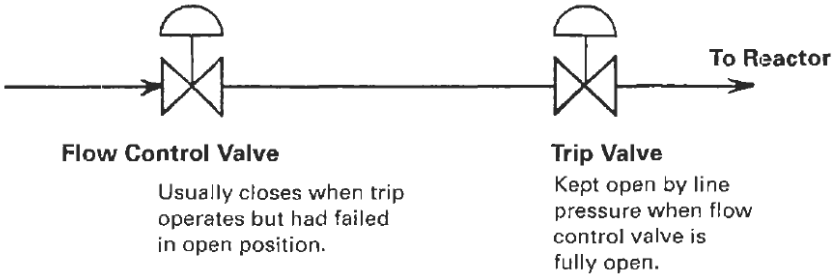
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل چهاردهم

آزمایش کلیدهای قطع‌کننده و سایر سیستم‌های حفاظتی

بسیاری از حوادث به دلیل نادیده انگاشتن اطلاعات نشان داده شده توسط دستگاه‌های ابزار دقیق یا آلارم‌ها به وقوع پیوسته است. به بخش‌های 8-2-3 و 1-3-3 و 2-3-3 مراجعه نمایید. بسیاری از حوادث دیگر از جمله حادثه‌ی Bhopal (به بخش آخر کتاب مراجعه نمایید) بدین دلیل به وقوع پیوسته‌اند که آلارم‌ها و کلیدهای قطع‌کننده اصلاً آزمایش نشده یا به طور کامل آزمایش نگردیده‌اند یا اینکه آلارم و کلیدهای قطع‌کننده از کار انداخته شده و یا تنظیم آنها بدون کسب مجوز تغییر کرده است. این حوادث و برخی حوادث مربوط به این موارد در ذیل توضیح داده شده‌اند.

سیستم‌های کنترلی که بر مبنای میکروپروسسورها کار می‌نمایند، به طور روز افزون بجای ابزاردقیق‌های سنتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بعضی حوادثی که در رابطه با این سیستم‌ها رخ داده در فصل 20 توضیح داده شده است.



شکل 1-14: هنگامی که شیر کنترل باز گردید، فشار مانع بستن کلید قطع‌کننده گشت.

14-1: آزمایش بایستی کامل و جامع باشد

کلیه‌ی تجهیزات حفاظتی بایستی به طور مرتب آزمایش شوند. در غیر این صورت ممکن است در مواقع مورد نیاز به طور صحیح عملکرد مناسبی نداشته باشند. با آنکه آزمایش شیرهای اطمینان هر یک سال یا هر دو سال کافی می‌باشد، کلیدهای قطع‌کننده و آلارم‌هایی که به ابزار دقیق مجهز هستند کمتر قابل اطمینان بوده و بایستی ماهی یک بار یا در همین حدود بازرسی شوند.

آزمایش بایستی کامل و جامع باشد و همچنانکه در حوادث ذیل نشان داده می‌شود، در حد امکان به شرایط واقعی نزدیک باشد.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

الف) یک کلید قطع‌کننده‌ی دمای بالا[1] مربوط به یک کوره از کار افتاد. کوره به شدت آسیب دید. کلید قطع‌کننده به دلیل آنکه عقربه‌ی نشان‌گر با قسمت پلاستیکی جلوی بدنه‌ی ابزار دقیق تماس پیدا کرده و همین مانع حرکت آن تا سطح قطع‌کنندگی گردید، به خوبی عمل نکرد. ابزاردقیق مزبور با اعمال جریان توسط یک پتانسیل‌سنج مرتباً آزمایش می‌گشت ولی برای انجام این‌کار ابزار دقیق از بدنه‌ی خود خارج گردیده و به کارگاه منتقل شده بود.

ب) راکتوری به یک کلید قطع‌کننده‌ی دمای بالا که شیری را در خط تغذیه می‌بست؛ مجهز بود. هنگام افزایش دما، شیر قطع‌کننده با وجود اینکه به طور مرتب آزمایش شده بود؛ نتوانست بسته شود. تحقیقات نشان داد که افت فشار در شیر قطع‌کننده که یک شیر کروی بود چنان زیاد بوده که شیر نتوانسته در برابر آن خود را بسنجد. یک شیر کنترل جریان با شیر قطع‌کننده (مطابق 1-14) به طور سری قرار داشت و معمولاً کلید قطع‌کننده این شیر را نیز می‌بست. با این وجود شیر مزبور به دلیل دمای بالای راکتور در حالت باز از کار افتاد و تمام فشار جریان قبل از شیر قطع‌کننده به آن وارد گردید.

شیرهای اضطراری بایستی در برابر فشار ماکزیمم با جریانی که ممکن است در عمل با آن مواجه شوند، مورد آزمایش قرار گیرند و باید طوری نصب گردند که جریان به بسته شدن آنها کمک نماید.

پ) اگر زمان پاسخ تجهیزات حفاظتی اهمیت داشته باشد، بایستی همیشه در طول آزمایش آن زمان را اندازه گرفت. برای مثال: ماشین‌آلات اغلب با دستگاه‌های محافظ مستقیماً در ارتباط هستند، به طوریکه اگر دستگاه محافظ باز باشند، ماشین‌آلات متوقف می‌شوند. اغلب برای زود متوقف ساختن ماشین‌آلات ترمزهایی نصب می‌کنند. زمان واقعی بایستی در نوبت‌های منظم اندازه‌گیری شده و با زمان در نظر گرفته شده در طراحی مقایسه شود.

مثالی دیگر:

مخلوطی از آب و یک ماده‌ی جامد می‌بایستی قبل از حل شدن ماده جامد در فشار مانومتری 1000 Psig[2] (70 بار) تا دمای 300 درجه‌ی سانتی‌گراد گرم شود. مخلوط مزبور از داخل لوله‌های یک مبدل حرارتی رد گردید. در حالیکه روغن داغ با فشار از بیرون لوله‌ها عبور می‌کرد. دریافتند که در صورت انفجار یک لوله، آب با روغن داغ در تماس مستقیم قرار گرفته و با شدت یک انفجار به بخار تبدیل می‌شود. از این‌رو سیستم اتوماتیکی طراحی گردید تا هرگونه افزایش فشار روغن را اندازه‌گیری نموده و چهار شیر موجود در خطوط خروجی و ورودی روغن و آب را ببندد. در ضمن مبدل حرارتی به دیسک اطمینانی که به درون یک Catchpot خالی می‌گشت، مجهز گردید. سیستم مزبور به طور مرتب مورد آزمایش قرار می‌گرفت، اما با وجود زمانی که لوله‌ای حقیقتاً ترکید، قسمت اعظم روغن به بیرون از دستگاه فوران نمود و آتش گرفت زیرا زمان بسته شدن شیرها بسیار طولانی بود. شیرهای مزبور که برای

[1] کلیدی که به هنگام بالا بودن دما جریان را قطع می‌نماید (مترجم).

[2] Pounds per square inch gauge

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

سریع بسته شدن طراحی شده بودند، کند عمل نمودند. زمان پاسخ در طول آزمایش اندازه‌گیری نشده‌بود، بنابراین کسی نمی‌دانسته که آنها با سرعت کافی واکنش نشان نمی‌دهند.

مراحل کاز نیز مانند تجهیزات زمان می‌برند. مثلاً تخلیه‌ی ساختمان شما به هنگام به صدا در آمدن آلارم‌های آتش‌سوزی چقدر طول می‌کشد؟ آیا سرعت این تخلیه کافی می‌باشد؟

14-2: کلیه‌ی تجهیزات حفاظتی بایستی آزمایش شوند

این بخش به برشماری تجهیزات حفاظتی پرداخته که اغلب نادیده گرفته شده و در جدول زمان‌بندری شده برای آزمایش منظور نشده‌اند.

14-2-1: تجهیزات کرایه‌ای

پس از، از کار افتادن کلید قطع‌کننده‌ی دمای پایین یک تبخیرکننده‌ی نیتروژن متوجه گردید که کلید مزبور هرگز آزمایش نشده است. وسیله‌ی مزبور کرایه شده و اشتباهاً تصور کرده بودند که کرایه‌کننده، آنرا آزمایش خواهد نمود.

14-2-2: شیرهای اضطراری

پمپی نشت نموده و آتش گرفت. دسترسی به شیرهای تخلیه و مکش غیر ممکن بود، اما در خط مکش بین پمپ و مخزنی که از آن مکش صورت می‌گرفت، یک شیر ثانویه وجود داشت که در ناودان مخزن کار گذاشته شده بود. متأسفانه این شیر به ندرت مورد استفاده قرار گرفته و به همین دلیل خیلی کجکم بود.

کلیه‌ی شیرهایی (خواه دستی یا اتوماتیک) که ممکن است در مواقع اضطراری بکار گرفته شوند، بایستی به طور مرتب (هر هفته یا هر ماه) مورد آزمایش واقع شوند. اگر کامل بستن شیری در امر تولید خلل ایجاد می‌نماید، بایستی آنرا به طور نیمه بسته و در طول توقف واحد، آنرا کاملاً بسته نگاه داشت.

شیرهای اضطراری تخلیه از جمله شیرهایی هستند که بایستی مرتباً آزمایش شوند.

14-2-3: بازرسی دستگاه ردیابی به کمک بخار

پمپ تغذیه کوره‌ای از کار افتاد. جریان‌سنج منجمد شده بود و بنابراین کلید قطع‌کننده‌ی جریانِ پایین نیز کار نکرد. دو لوله منفجر گردید و آتش‌سوزی طولانی و شدیدی را ایجاد نمود. ساختمان و سایر لوله‌ها آسیب دیدند و مشعل نیز خراب گردید.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

دستگاه ردیابی به کمک بخار روی دستگاه‌های ابزار دقیق که بخشی از سیستم‌های آلارم و کلید قطع‌کننده را تشکیل می‌دهد، بایستی در هوای سرد به طور مرتب بازرسی شود. این عمل می‌تواند قسمتی از آزمایش‌های روزمره باشد ولی ممکن است انجام آزمایشات بیشتر ضرورت پیدا نماید.

10-4-2: شیرهای اطمینان، لوله‌های تخلیه‌ی گاز و غیره

در بخش 2-4-10 فهرست برخی از اقلام که بایستی به عنوان بخشی از فهرست مشخصات شیر اطمینان جهت بازرسی ثبت شوند آورده شده است. در بخش 2-2-10 (الف) حادثه‌ای توضیح داده شده که باعث کشته شدن دو نفر گردیده است. لوله‌ی تخلیه گازی مسدود شد و انتهای مخزن توسط هوای فشرده منفجر گردید.

14-2-5: سایر تجهیزات

سایر تجهیزاتی که بایستی به طور مرتب آزمایش شوند، عبارتند از:

1) پمپ‌های یدک، به ویژه آنهایی که به سیستم‌های اتواستارت مجهزند.
2) ژنراتورهای دیزل
3) آشکارسازهای دود و آتش و تجهیزات اتوماتیک آتش‌نشانی
4) اسپری‌های آب
5) تجهیزات حفاظتی مکانیکی مثل کلیدهای قطع‌کننده‌ی سرعتی
6) اتصالات زمین به خصوص اتصالات متحرکی که جهت اتصال تانکرها به زمین بکار برده می‌شوند.
7) تجهیزات تهویه (به بخش 6-17 مراجعه نمایید.)

حوادث زیر لزوم آزمایش کلیه‌ی تجهیزات حفاظتی را نشان می‌دهند:

الف) یک کمپرسور در حالی بکار افتاد که چرخ‌دنده‌ی متوقف‌کننده‌ی آن درگیر بود. در نتیجه چرخ‌دنده‌ی مزبور آسیب دید. یک سیستم‌حفاظتی روی کمپرسور نصب شده بود که از استارت دستگاه در حین درگیر بودن چرخ‌دنده‌ی متوقف کننده جلوگیری می‌نمود. ولی سیستم حفاظتی مزبور خراب بود و به طور مرتب آزمایش نشده بود.

ب) در یک سیستم اتوماتیک آتش‌نشانی، یک انفجار کوچک باعث متلاشی شدن صفحه‌ی اطمینان شده و ماده‌ی اصلی خاموش کننده‌ی آتش یعنی هالون (Halon) را آزاد نمود. سازندگان گفته بودند که آزمایش سیستم مزبور ضرورتی ندارد. برای انجام آزمایش می‌بایستی مقدار معینی هالون که گران قیمت نیز می‌باشند از دستگاه خاموش‌کننده‌ی آتش خارج می‌گشت. مشتری بر انجام آزمایش تأکید داشت و

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

آشکارسازهای دود عمل نمودند و ماده منفجره، منفجر گردید ولی کاتر[1]، دیسک اطمینان را نبرید. ماده‌ی منفجره نتوانست به قدر کافی فشار ایجاد نماید، زیرا فضای بین آن و دیسک بسیار زیاد بود. این فضا در نتیجه‌ی ایجاد تغییراتی در طرح افزایش یافته بود. این تغییر عبارت بود از نصب وسیله‌ای برای تخلیه‌ی هالون به صورت دستی.

گاهی شخصی با قطعه‌ای از تجهیزات حفاظتی مواجه می‌شود که امکان تست و آزمایش آن وجود ندارد. کلیه‌ی تجهیزات حفاظتی بایستی طوری طراحی شوند که آزمایش نمودن آنها بسادگی امکان‌پذیر باشد.

14-3: زمان آزمایش می‌تواند بیش از حد لازم طولانی باشد

با وجود مجهز بودن فاز بخار یک واحد اکسیداسیون هیدروکربن به یک سیستم حفاظتی که مقدار اکسیژن را اندازه گرفته و در صورت رسیدن غلظت آن به حد اشتعال، منبع اکسیژن را ایزوله می‌نمود، در واحد مزبور انفجاری رخ داد و در اثر این انفجار ده نفر مجروح شده و واحد به شدت آسیب دید.

نصب تعداد زیادی آنالیزور اکسیژن امری متداول است اما این واحد فقط به یک آنالیزور مجهز بود. از این‌رو مدیریت تصمیم گرفت تا برای جبران کسری تعداد آنالیزورها به جای هر هفته یا هر ماه، روزانه آنالیزور موجود را مورد آزمایش قرار دهد.

آزمایش بیش از یک ساعت به طول انجامید. بنابراین 5 درصد از کل زمان استفاده حفاظتی صرف آزمایش انجام گردید. یک در بیست احتمال داشت که این سیستم از وقوع انفجار جلوگیری ننماید زیرا سیستم مزبور در حال آزمایش شدن بود. در واقع هنگام افزایش مقدار اکسیژن، سیستم حفاظتی تحت آزمایش بوده است.

14-4: سیستم‌های حفاظتی نباید به خودی خود به وضعیت اولیه برگردند

الف) در یک واحد، گاز نشت نمود و واحد آتش گرفت. اپراتور از پنجره‌ی اتاق کنترل آتش را دید و کلیدی را که بایستی خط تغذیه را ایزوله نموده و شیر تخلیه را باز می‌کرد، بکار انداخت. هیچ اتفاقی به وقوع نپیوست. او چندین مرتبه کلید را زد ولی باز هم اتفاقی نیافتاد. سپس اپراتور از اتاق کنترل خارج شده و به صورت دستی شیر تغذیه را بست و شیر تخلیه را باز نمود. کلید مزبور شیر سلونوئیدی[2] را به کار می‌انداخت و این شیر خط هوای فشرده‌ای را که به شیرهای موجود در خطوط تغذیه و تخلیه منتهی می‌گشت، تهویه می‌نمود (شکل 2-14). سپس شیر تغذیه بسته و شیر تخلیه باز می‌گشت. این مسئله فوراً به وقوع نپیوست، زیرا یک دقیقه یا بیشتر طول می‌کشید تا فشار هوا در خطوط نسبتاً طویل، بین

[1] Cutter

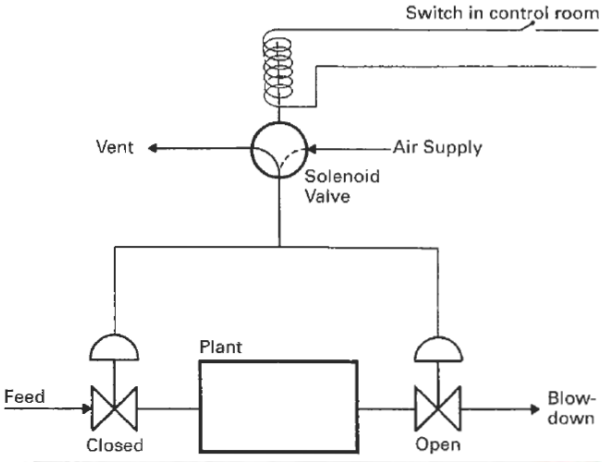
[2] شیری که برای کنترل سوخت مایع در مسیر جریان سوخت قرار داده می‌شود (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شیر سلونوئید و سایر شیرها افت پیدا کند. اپراتور انتظار داشت که سیستم به محض وصل شدن کلید عمل نماید. وقتی چنین اتفاقی رخ نداد وی تصور نمود که کلید خراب است. متأسفانه او پس از چندین بار بکار انداختن کلید، آنرا در وضعیت عادی رها نمود. چون این سیستم در هر بار توقف واحد مورد استفاده قرار می‌گرفت، اپراتور چندین بار آن را آزمایش کرده بود. با این وجود این سیستم در شرایطی به دور از اضطراب آزمایش شده و اپراتور متوجه نگردید که یک دقیقه یا بیشتر طول می‌کشد تا سیستم عمل نماید. شیر سلونوئید بایستی به یک قفل فنری مجهز می‌گشت به طوریکه با وصل شدن کلید، نتواند تا زمانی که مجدداً با دست تنظیم شود، به حالت عادی خود بازگردد.

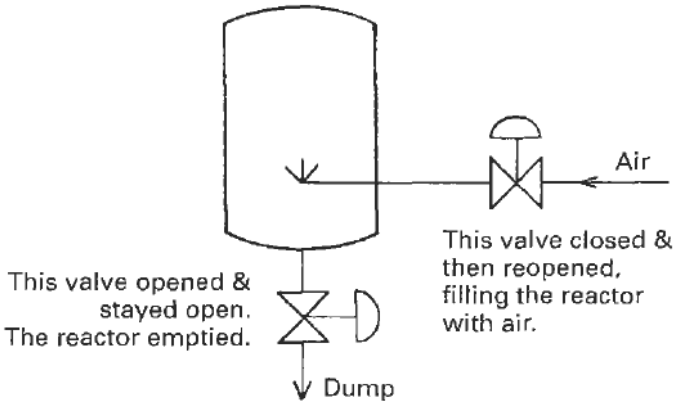
ب) فاز مایع یک واحد اکسیداسیون هیدروکربن به کلید قطع‌کننده‌ی دمای بالایی مجهز بود که جریان هوا را قطع و شیر تخلیه را که محتویات راکتور به جای امنی تخلیه می‌کرد، باز می‌نمود (شکل 3-14).

هنگامی که یک شیر هواگیر پس از یک بار تخلیه مجدداً باز می‌گشت، مخلوط قابل اشتعالی می‌توانست در راکتور تشکیل شود. یک روز دستگاه اندازه‌گیری دما اشتباهاً دمای بالایی را نشان داد. شیر هواگیر بسته و شیر تخلیه باز گردید. دمای نشان داده شده به دلیل خالی شدن راکتور در آن لحظه کاهش یافته باشد. شیر تخلیه باز ماند ولی شیر هواگیر مجدداً باز گردید و مخلوط قبل اشتعالی در راکتور تشکیل شد. خوشبختانه مخلوط مزبور مشتعل نگردید.



شکل 2-14: عمل کردن یک سیستم اتوماتیک یک دقیقه یا بیشتر طول می‌کشد.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 3-14: هنگامی که شیر هوا مجدداً پس از تخلیه‌ی مواد باز شد، مخلوط قابل اشتعالی در راکتور تشکیل گردید.

شیر هواگیر بار دیگر باز گشت زیرا شیر سلونوئید موجود در خط هوای دستگاه ابزار دقیق که به شیر هواگیر منتهی می‌گشت، در حالت قطع باقی نمی‌ماند. شیر مزبور بایستی به یک قفل فنر مجهز می‌گردید.

14-5: کلیدهای قطع‌کننده نبایستی بدون داشتن مجوز انجامکار انداخته شوند

بسیاری از حوادث به دلیل از کار انداخته شدن کلیدهای قطع کننده توسط اپراتورها رخ داده‌اند. حوادث زیر نمونه‌هایی از این نوع می‌باشند:

الف) تجربه نشان می‌دهد که وقتی اتوکلاوها[1] یا سایر راکتورهای batch به شیرهای تخلیه مجهز شوند، شیرهای مزبور ممکن است در زمان نامناسبی باز شده و مواد، روی زمین (اغلب به داخل یک ساختمان) بریزند. به منظور پیشگیری از وقوع چنین حادثه‌ای، شیرهای تخلیه‌ی متعلق به یک سری راکتور با یکدیگر در ارتباط قرار داده شدند تا اگر فشار به بیش از یک میزان از پیش تعیین شده برسد شیر تخلیه باز شوند. با این وجود وقتی فشار در راکتوری به حد نهایی خود رسید، شیر تخلیه باز شده و یک batch از مواد، روی زمین خالی گردید. تحقیقات نشان داد که دستگاه‌های ابزار دقیق اندازه‌گیری کننده‌ی فشار چندان قابل اعتماد نبوده‌اند. بنابراین اپراتورها از کار انداختن ارتباط بین شیرها را از طریق تغییر فشار نشان داده شده توسط پیچ تنظیم صفر و یا از طریق ابزوله نمودن منبع هوای دستگاه‌های ابزار دقیق باب نمودند.

سرانجام، روزی آن حادثه‌ی اجتناب ناپذیر به وقوع پیوست. در حالیکه عامل ارتباط شیرها از کار افتاده بود اپراتور اشتباهاً بجای یک شیر انتقال، شیر تخلیه‌ای را باز نمود.

[1] اتوکلاو یا دستگاه استریل کننده با بخار، یک محفظه دارای فشار است که در آن از بخار اشباع شده برای افزایش دما جهت استریلیزاسیون استفاده می‌شود. اتوکلاوها در آزمایشگاههای میکروبیولوژی، مـــــراکز بهداشت و .... استفاده می شود (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

ممکن است تجهیزات حفاظتی هر از گاهی اجباراً از کار انداخته شوند، ولی اینکار فقط باید پس از کسب مجوز کتبی از سوی یک شخص مسئول صورت گیرد و خارج از دور بودن، باید دستگاه مثلاً توسط یک چراغ بر روی پانل مشخص شود.

ب) کمی بعد از راه‌اندازی یک واحد متوجه شدند که قسمتی از آن بیش از حد گرم شده است. از اتصالات فلنجی دود بلند می‌گشت. بعداً معلوم گردید که کنترل‌کننده‌ی مرکب درجه‌ی حرارت و کلید قطع‌کننده‌ی درجه‌ی حرارت بالا از منبع برق جدا شده‌اند. معمولاً کلیدهای قطع‌کننده بایستی طوری طراحی شوند که در صورت قطع برق نیز کار کنند. اگر قطع برق در عملیات واحد خطری ایجاد می‌نماید، بنابراین بایستی در زمان قطع برق یک آلارم به صدا درآید. اگر کلیدهای قطع‌کننده در طول توقف واحد کار کرده‌اند بایستی آنها را در زمان راه‌اندازی آزمایش نمود. به ویژه کلیدهای قطع‌کننده‌ی مهم نظیر کلیدهای کوره‌ها و کمپرسورها و کلیدهای قطع‌کننده‌ی غلظت بالای اکسیژن[1] بایستی همیشه پس از یک توقف عمده آزمایش شوند.

رایج‌ترین دلیل افزایش حرارت (یا فشار، جریان، سطح و غیره) وجود نقص در سیستم کنترل یا سیستم اندازه‌گیری حرارت است.

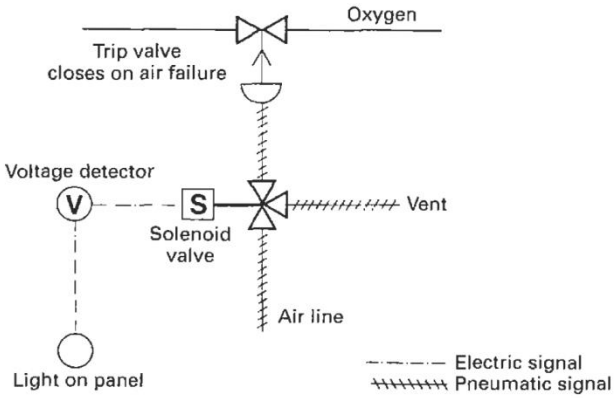
یک واحد اکسید اتیلن از کار افتاد و چراغ روی پانل به اپراتور خبر داد که شیر اکسیژن بسته نشده است. از آنجایی که قرار بود واحد مزبور بار دیگر فوراً بکار بیوفتد، اپراتور شیر دستی جداکننده را نیز بسته نگاه نداشت. قبل از بکار افتادن مجدد واحد، انفجاری به وقوع پیوست. شیر اکسیژن بسته نشده بود و اکسیژن همچنان وارد واحد می‌گردید (شکل 4-14).

شیر اکسیژن با تخلیه‌ی منبع هوا به دیافراگم شیر، توسط یک شیر سلونوئید بسته می‌گشت. چراغ روی پانل فقط قطع برق شیر سلونوئید را خبر داده بود. حتی با وجود قطع برق شیر مزبور، جریان اکسیژن می‌توانست ادامه یابد. زیرا:

1) شیر سلونوئید باز نکرده بود.
2) هوا تخلیه نشده بود.
3) شیر قطع کننده نبسته بود.

[1] کلیدی که در صورت بالا بودن غلظت اکسیژن مدار قطع می‌نماید (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 4-14: چراغ، قطع برق سلونوئید را نشان می‌دهد نه توقف جریان اکسیژن

در حقیقت هوا تخلیه نشده بود. خط یک اینچی تخلیه بر روی منبع هوا توسط آشیانه‌ی زنبور مسدود شده بود. در هر زمان ممکن بایستی آنچه که مورد نیاز ما می‌باشد، مستقیماً اندازه‌گیری شود و نباید به اندازه‌گیری برخی از پارامترهایی که پارامتر اصلی را می‌توان از آنها نتیجه گرفت، پرداخت[1].

در بخش‌های 3-17(ب) 5-17(پ) حوادث دیگری توضیح داده شده که در این حوادث اپراتورها به شیرهای اتوماتیک اکتفا نموده و از آنها در مقابل شیرهای دستی حمایت نکرده‌اند.

14-7: کلیدهای قطع‌کننده، ویژه مواقع اضطراری هستند نه استفاده‌ی روزانه!

الف) در بخش 1-1-5 توضیح داده گشت که چگونه مخزن کوچکی به طور روزانه از ماده‌ی خامی تا روز بعد پر می‌گردید. اپراتور، سطح ماده را در مخزن دید و زمانی که 90 درصد مخزن پر گشت، پمپ پرکننده را خاموش نمود. تا چندین سال قبل از آنکه آن حادثه‌ی اجتناب‌ناپذیر به وقوع بپیوندد و اپراتور باعث لبریز شدن مخزن شود، این سیستم به طور رضایت‌بخشی کار می‌کرد.

بعد از آن یک کلید قطع‌کننده‌ی سطح بالای مواد مورد استفاده قرار گرفت، تا در صورتی که سطح ماده‌ی داخل مخزن از 90 درصد تجاوز نمود که به طور اتوماتیک پمپ را خاموش نماید. با کمال تعجب مخزن تقریباً پس از یک سال مجدداً لبریز گردید. هنگامی که کلید قطع‌کننده نصب می‌گشت، فرض بر آن بود که:

1) اپراتور گهگاه خاموش نمودن پمپ را در موقع مناسب فراموش خواهد نمود، و در این صورت کلید قطع‌کننده عمل خواهد نمود.

2) گاهی کلید قطع‌کننده از کار می‌افتد. (تقریباً هر دو سال یکبار)

3) نصب دو کلید قطع‌کننده که یکی به عنوان کنترل‌کننده‌ی فرایند عمل نماید و دیگری در صورت خرابی کلید اول وارد عمل شود.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

3) احتمال وقوع در هر دو مورد 1 و 2 به طور همزمان قابل اغماض است. با این وجود کلید قطع‌کننده بدین نحو عمل نمود. اپراتور تصمیم گرفت تا به کلید قطع کننده اعتماد کرده و از مراقبت سطح خودداری نماید.

مدیر و سرکارگر هر دو به این امر واقف بوده و از این بابت خرسند بودند که وقت اپراتور صرف کار بهتری می‌شود. یک کلید قطع‌کننده‌ی ساده تقریباً هر دو سال یکبار از کار می‌افتد. از این‌رو مخزن پس از یکی دو سال اجباراً لبریز می‌شود. کلید مزبور به عنوان یک کنترل‌کننده‌ی فرایند مورد استفاده قرار می‌گرفت نه به صورت یک دستگاه ابزار دقیق اضطراری.

پس از دومین سرریزی، راه‌های زیر مورد توجه قرار گرفت:

1) ترغیب اپراتور به ادامه‌ی مراقبت از سطح در صورت نصب یک کلید قطع کننده که این مسئله عملی به نظر نمی‌رسید.

2) برداشتن کلید قطع‌کننده و اعتماد به اپراتور و پذیرش سرریزی‌های گهگاهی

3) نصب دو کلید قطع‌کننده تا یکی به عنوان کنترل‌کننده‌ی فرایند عمل کند و دیگری در صورت خرابی کلید اول وارد عمل شود.

ب) وقتی کوره‌ای که به یک کلید قطع‌کننده‌ی جریان پایین مجهز شد، بایستی خاموش شود، متوقف ساختن جریان و ایزوله نمودن جریان سوخت به مشعل‌ها توسط کلید قطع‌کننده‌ی جریان پایین کار متداولی می‌باشد. بدین ترتیب کلید قطع‌کننده بدون ایجاد وقفه در امر تولید، آزمایش می‌شود. در یک مورد کلید قطع‌کننده از کار افتاد و کویل‌های کوره بیش از حد گرم شدند. اپراتور در جای دیگر واحد سرگرم کار بوده و مراقب کوره نبود.

گاهی کلیه‌ی کلیدهای قطع‌کننده از کار می‌افتند. بنابراین اگر ما قصد داریم که تعمداً برای وارد عمل شدن یک کلید قطع‌کننده منتظر بمانیم باید اعداد ثبت و نشان داده شده را زیر نظر داشته و در صورت خراب شدن کلید، زمان لازم برای وارد عمل شدن را داشته باشیم.

14-8: ممکن است با آزمایش کردن به اشکالات پی ببرد

با هر بار آزمایش ممکن است به اشکالی پی ببریم و حداقل بایستی برای یکی از آنها آمادگی داشته باشیم.

پس از تعویض یک سیلندر گاز کلر، دو کارگر شیرها را باز نمودند تا از عدم وجود نشتی در لوله‌های متصل کننده مطمئن شوند. آنان انتظار یافتن نشتی را نداشتند، از این‌رو از ماسک اکسیژن استفاده نکردند. متأسفانه مقدار کمی نشت وجود داشت ولی آنان از عدم وجود نشتی مطمئن بودند، انجام آزمایش ضرورتی نداشت. اگر نیازی به آزمایش بود، بنابراین امکان نشتی وجود داشت و بایستی از ماسک اکسیژن استفاده می‌گشت.

http://mohandes-iran.com

به همان شکل، آزمایشات فشار (در فشاری بیش از مقدار طراحی شده که با تست‌های نشتی که در فشار پیش‌بینی شده در طرح انجام می‌شوند، فرق دارد) برای مشخص شدن اشکالات، طراحی شده‌اند. ممکن است معایبی وجود داشته باشد، چنانچه اگر اطمینانی به نبودن آن معایب وجود داشت دیگر به انجام تست فشار نیازی نبود و بنابراین باید اقدامات احتیاطی مناسبی اتخاذ نماییم. در صورت از کار افتادن مخزن یا شبکه‌ی لوله، هیچ‌کس نباید در موقعیتی قرار گیرد که احتمالاً آسیبی به او رسد. به بخش 2-19 مراجعه نمایید.

14-9: برخی حوادث متفرقه

الف) ترازنمای رادیواکتیو مستقر در پایه‌ی برج تقطیر، سطح پایینی را از رادیواکتیویته نشان می‌داد. اگرچه در نرمال بودن سطح شکی نبود.

در 60 متری محل، رادیوگرافی جوش‌های لوله در حال انجام بود و منبع تشعشع در جهت آشکارساز تابشی مستقر روی برج، تابش می‌نمود. زمانی که سطح تشعشع در برج، بالا باشد مایع به جذب انرژی تابشی می‌پردازد و وقتی سطح تشعشعی پایین باشد، انرژی تابشی بیشتر به آشکارساز می‌رسد.

آشکارساز قادر به تشخیص تفاوت انرژی تابشی از یک منبع رادیواکتیو و انرژی تابشی از یک منبع رادیوگرافی نبوده و یک سطح پایین را ثبت نمود.

ب) همچنانکه در بخش 4-5-1(ت) اشاره گردید، در بسیاری موارد سرکارگران به پرداختن ترموول‌ها (Thermowells؛ کیسه‌هایی که دستگاه اندازه‌گیری درجه‌ی حرارت در آن قرار داده می‌شوند.) اقدام نموده‌اند، بی آنکه بدانند این کار به یک نشتی منجر می‌شود.

Refrence:

1. Fire JoLrmal, Nov. 1967, p. 89.

2. A. E Anderson, Electi-oonics arid Polver; Jan. 1978.

3. S. S. A4actra (ON 337004)-Report of Court No. 8057 Formal Investigation, Her Majesty's Stationery Office, London, 1973.

4. L. G. Britton and J. A. Smith. "Electrostatic Hazards of Drum Filling," Paper presented at AIChE Loss Prevention Symposium, Minneapolis. Aug. 1987.

5. Health and Safely Executive, Electrosiatic Ignition, Her Majesty's Stationery Office, London. 1982.

http://mohandes-iran.com

فصل پانزدهم

الکتریسیته ساکن

تا به حال عامل بسیاری از انفجارات و آتش‌سوزی‌ها الکتریسیته‌ی ساکن معرفی شده است که گاهی اوقات واقعیت امر نیز چنین بوده است. با این حال گاهی مأمور تحقیق موفق به یافتن منبع دیگری برای اشتعال نشده است. بنابراین حتی با وجود اینکه او نمی‌تواند دقیقاً نشان دهد که چگونه یک بار ساکن می‌توانسته تشکیل و تخلیه گردد، چنین فرض کرده که منبع اشتعال حتماً الکتریسیته‌ی ساکن بوده است.

هرگاه دو سطح نسبت به هم در حرکت باشند، الکتریسیته‌ی ساکن ایجاد می‌شود. برای مثال:

هنگام عبور مایع از دیواره‌های یک خط لوله، هنگام حرکت قطرات مایع یا ذرات جامد در هوا یا هنگام راه رفتن شخص، برخاستن از روی صندلی و یا در آوردن لباس. در روی یک سطح یک بار (مانند دیوار لوله) و در روی سطح دیگر مثلاً مایع عبورکننده از داغ لوله باری برابر و مخالف ایجاد می‌شود.

بسیاری از بارهای ساکن به محض ایجاد شدن به سرعت به زمین انتقال می‌یابند. اما اگر باری روی یک جسم رسانا یا نارسانائی که به زمین متصل نیست، تشکیل شود، می‌تواند تا مدتی باقی بماند. اگر بار (ولتاژ) به قدر کافی بالا باشد، بار ساکن با جرقه‌ای تخلیه می‌شود که این جرقه می‌تواند هرگونه بخار قابل اشتعال موجود را مشتعل سازد. پلاستیک‌ها و مایعات نارسانا مانند اغلب هیدروکربن‌های خالص، نمونه‌هایی از مواد نارسانا می‌باشند. بیشتر مایعاتی که دارای اتم‌های اکسیژن در مولکول خود هستند، رساناهای خوبی می‌باشند.

حتی اگر یک جرقه ناشی از تخلیه بار ساکن، مخلوط هوا و بخار قابل اشتعالی را مشتعل سازد، صحیح نیست که بگوییم الکتریسیته‌ی ساکن عامل انفجار و آتش‌سوزی بوده است. علت اصلی، نشت یا هرگونه حادثه‌ای بوده که به تشکیل یک مخلوط قابل اشتعال منجر گردیده است. تجربه نشان می‌دهد که زمانی که مخلوط‌های قابل اشتعال تشکیل می‌شوند، احتمالاً منابع اشتعال نیز ایجاد می‌گردند. هرگز نباید اجازه داد که مخلوطهای قابل اشتعال به طور تعمدی ایجاد شوند، جز در مواقعی که که خطر اشتعال پذیرفته شده باشد. برای مثال، در فضای بخار مخازن با سقف ثابت که محتوی که محتوی مواد غیر هیدروکربنی قابل اشتعال هستند. به بخش 4-5 مراجعه نمایید.

15-1: الکتریسیته‌ی ساکن ناشی از مایعات جاری

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

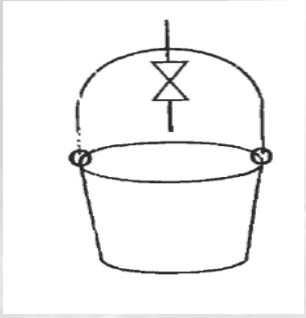
بخش 1-4-5 انفجارات مخازن ذخیره‌سازی و بخش 3-13 انفجارات تانکرهایی را که توسط جرقه‌ی ناشی از الکتریسیته ساکن به وقوع پیوسته‌اند مورد بررسی قرار داده است. این الکتریسیته‌ی ساکن با جریان یک مایع نارسانا به وجود آمده و بین جسم مایع و ظروف فلزی (یا بازوهای پرکننده) متصل به زمین، عمل تخلیه به صورت جرقه صورت گرفته است.

اگر مایع رسانایی چون استن یا متانول در داخل ظرف فلزی که به زمین اتصال ندارد جریان داشته باشد، ظرف توسط مایع باردار می‌شود و ممکن است بین ظرف و هر فلز متصل به زمینی که در مجاورت آن قرار گرفته جرقه‌ای زده شود.

مانند موارد زیر:

الف) استن به طور مرتب به داخل سطل فلزی ریخته می‌گشت. روزی اپراتوری بجای گذاشتن سطل، روی سطح فلزی زیر شیر تخلیه، آنرا از شیر آویزان نمود (شکل 1-15). دستگیره‌ی سطل از پلاستیک پوشیده شده بود. هنگامی که استن به داخل سطل ریخته می‌گشت، بار ساکنی در روی استن و سطل جمع گردید. پلاستیک از انتقال بار از طریق لوله‌ی تخلیه متصل به زمین جلوگیری نمود. بالاخره بین سطل و شیر تخلیه جرقه‌ای زده شد و استن آتش گرفت.

حتی اگر سطل به زمین اتصال داشت، کار با یک مایع قابل اشتعال (یا مایع خورنده و سمی) در یک ظرف سرباز، کاری نادرست بوده است. به منظور جلوگیری از سرریز شدن، مایع مزبور بایستی در یک ظرف فلزی سربسته مورد استفاده قرار می‌گرفت. به بخش‌های 3-1-7 و 2-12 (پ) مراجعه نمایید. با این حال همچنانکه حوادث زیر نشان می‌دهند، ظروف فلزی سربسته از اشتعال ناشی از الکتریسیته‌ی ساکن جلوگیری نمی‌کنند.



شکل 1-15: سطل به زمین متصل نبوده و دریچه دارای بار الکتریکی گردید.

ب) شخصی یک ظرف فلزی ده لیتری در دست داشت که در حال پر نمودن با استن بود. هنگامی که وی سعی نمود شیر خط استن را ببندد، استن مشتعل گردید و آتش به سایر قسمت‌های ساختمان سرایت نمود. شخص مزبور کفش‌های عایق‌دار (لاستیک کرپی) به پا داشت و اعتقاد بر این است که یک بار ساکن بر روی استن، ظرف فلزی سربسته و شخص مزبور جمع شده است. هنگامی که او دست خود را به نزدیکی شیر نمود، از او جرقه‌ای به شیر متصل به زمین جهید و بخار استن مشتعل گردید.

http://mohandes-iran.com

پ) معمولاً درام‌های فلزی توسط یک شیلنگ لاستیکی (به قطع 2 اینچ) از وینیل استات[1] پر می‌شدند. هیچ وسیله‌ای برای اتصال به زمین وجود نداشت و شیلنگ لاستیکی نیز به ته درام نمی‌رسید، بنابراین از یک ارتفاع 0/6 متری به داخل درام ریخته می‌گردید. چند دقیقه پس از شروع عمل پر نمودن، انفجار شدیدی به وقوع پیوست و در دو انتهای درام متلاشی گردید. یکی از دو انتها به پاهای شخصی برخورد کرده و هر دو پای او را شکست و انتهای دیگر زانوی شخص دیگری را خرد نمود. شخص مزبور در آتش‌سوزی که در پی این انفجار صورت پذیرفت، سوخت و چند روز بعد درگذشت.

توجه نمایید که مانند حادثه‌ای که در بخش 3-13 توضیح داده شد، این عملیات تا قبل از مساعد شدن برای وقوع یک انفجار، چندین مرتبه انجام شده بود.

ت) به دلیل اینکه رنگ بیرونی یک درام، مانع اتصال آن به زمین شده و یا پوشش‌های داخلی از تماس محتویات درام به زمین جلوگیری نموده‌اند، انفجاراتی به وقوع پیوسته است[4].

مانند مخازن (بخش 1-4-5)، در درام‌های متصل به زمین نیز که حاوی مایعاتی با ضریب هدایت پایین هستند و یک بار ساکن روی مایع داخل آنها جمع شده که قادر است از یک رسانای متصل به زمین مثل یک لوله‌ی پرکننده‌ی عبور نماید، امکان انفجار وجود دارد. در مرجع شماره 4 برخی از حوادثی که رخ داده ، شرح داده شده است. احتمال وقوع این حوادث زمانی بیشتر است که:

- مایع دارای ضریب هدایتی پایینی بوده ([کمتر از 50 (اهم.متر)$^{-1}$] و از حداقل انرژی اشتعال برخوردار باشد (کمتر از یک میلی ژول).
- مخلوط هوا- بخار موجود در درام به مقدار بهینه جهت یک انفجار نزدیک می‌باشد. این حالت معمولاً در نیمه راه بین پایین‌ترین و بالاترین حد انفجار پیش می‌آید. برخورد با سایر موانع، مایع از بار زیادی برخوردار می‌گردد.
- در صورتی که این شرایط غیر قابل اجتناب باشد، خنثی نمودن درام با نیتروژن قبل از پر نمودن الزامی است.

15-2: الکتریسیته‌ی ساکن حاصل از شیرهای فورانی (جت) آب و گاز

در چندین مورد، افراد حین استفاده از یک خاموش‌کننده دی‌اکسید کربن دچار یک شوک الکتریکی ملایم شده‌اند. شیرهای فورانی گاز متعلق به خاموش‌کننده حریق حاوی ذرات کوچک دی‌اکسیدکربن جامد هستند، از این‌رو دهانه‌ی مخروطی خاموش‌کننده حریق، باری جمع‌شده و ممکن است این بار توسط دست شخصی که دهانه را گرفته است به زمین انتقال یابد.

[1] Vinyl acetate

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

زمانی که از دی‌اکسیدکربن برای خنثی نمودن مخازن یک کشتی محتوی نفتا استفاده گردید، حادثه‌ی جدی‌تری از همین نوع اتفاق افتاد. انفجاری به وقوع پیوست و بر اثر آن چهار نفر کشته و هفت تن مجروح گردیدند. دی‌اکسیدکربن توسط یک شیلنگ پلاستیکی 8 متری که به یک شیلنگ برنجی کوتاه (به طول 0/6 متر) ختم شده و از سر خالی یکی از مخازن آویزان بود، داخل مخزن می‌گردید. اعتقاد بر این است که روی شیلنگ برنجی باری جمع گردیده و بین آن و مخزن، جرقه‌ای زده شده است [1].

چند سال بعد جهت تست یک سیستم آتش‌نشانی، دی‌اکسیدکربن به داخل یک مخزن زیرزمینی محتوی سوخت هواپیمای جت تزریق گردید. مخزن منفجر گشت و هیجده نفر را که در بالای آن ایستاده بودند، کشت. در این مورد، احتمالاً عمل تخلیه توسط ابری از ذرات دی‌اکسیدکربن صورت گرفته است.

قطرات آب شیرهای فورانی بخار معمولاً باردار هستند و گاهی اوقات از شیرها به لوله‌های متصل به زمین عمل تخلیه صورت می‌گیرد. این دشارژها بیشتر از نوع کرونا[1] هستند تا جرقه‌های واقعی و ممکن است شب هنگام قال رؤیت بوده و مثل شعله‌ی کوچکی به نظر برسند [2].

تخلیه بار قطرات آب موجود در مخازن کشتی‌ها (که با آب پرفشار خارج شده از تجهیزات مخصوص شستشو و تمیز می‌شوند) مخلوط‌های قابل اشتعال را مشتعل ساخته و به چندین نفت‌کش بزرگ خسارات جدی وارد کرده‌اند [3]. تخلیه‌ی الکتریکی توسط ابری از ذرات آب صورت گرفته و بنابراین یک رعد و برق داخلی به شمار می‌امده است.

یک برج تقطیر شیشه‌ای ترک برداشت و آب به صورت اسپری روی ترک پاشیده شد. مشاهده گردید که از روکش فلزی روی عایق (که به زمین متصل نبود) به انتهای مسیر آب جرقه زده شده است. اگرچه در این حالت هیچ اشتعالی رخ نداد، اما حادثه‌ی مزبور ضرورت اتصال کلیه‌ی تجهیزات و وسایل فلزی را به زمین نشان می‌دهد. آنها ممکن است به عنوان جمع‌کننده‌ی بارهای حاصل از بخارهای نشت شده یا فوران آب و بخار عمل نمایند.

بیشتر تجهیزات با اتصال به موتورهای برقی یا ساختمان به زمین متصل می‌شوند. اما این ممکن است در مورد روکش عایق، داربست‌ها، ضایعات فلز یا قطعات ابزارآلات باقی‌مانده در اطراف یا قطعاتی از لوله‌ها یا شیلنگ‌های نارسانا به آنها وصل شده‌اند صدق نماید (به مورد بعدی نگاه فرمایید). در یک مورد مشاهده گشت که جرقه‌هایی از انتهای یک کابل مربوط به ابزار دقیق غیرمستعمل که منتهی دیگر آن در معرض بخارهای نشت شده قرار داشته به بیرون جهیده است.

15-3: الکتریسیته‌ی ساکن ناشی از مواد پلاستیکی و پودرها

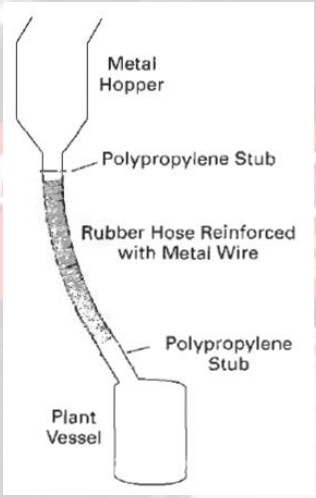
پودری از طریق یک کانال یک مخزن خالی می‌گشت. همچنانکه در شکل (15-2) نشان داده شده، یک شیلنگ لاستیکی جایگزین کانال شده بود. جریان داشتن پودر در شیلنگ باعث گردید تا بار روی آن

[1] Corona نوری که قبل از ایجاد جرقه بین دو الکترود تولید می‌گردد (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

جمع شود. با وجود اینکه در داخل شیلنگ سیم فلزی که هادی الکتریسیته است به عنوان تقویت‌کننده بکار رفته بود اما دو لوله‌ی کوتاه از جنس پلی‌پروپیلن که نارسانا است دو انتهای شیلنگ را به واحد متصل می‌کردند. از این‌رو باری روی شیلنگ جمع گردید، جرقه‌ای برخاست و بر اثر انفجار و گرد و غبار یک نفر کشته گشت.

یک شیلنگ نارسانا می‌تواند بار الکتریکی را در خود نگاه دارد. ولی جرقه‌ی ناشی از آن به بزرگی جرقه‌ی حاصل از یک شیلنگ رسانا نیست و نمی‌تواند گرد و غبار را مشتعل نماید، گرچه نمی‌توان از این مسئله نیز مطمئن بود. این شیلنگ می‌تواند از یک شیلنگ رسانایی که به زمین اتصال ندارد ایمن‌تر باشد ولی نسبت به یک شیلنگ متصل به زمین دارای ایمنی کمتری است.



شکل 2-15: جریان پودر در شیلنگ باعث گردید تا بار ساکنی روی شیلنگ عایق‌دار جمع گردد.

شیلنگ‌ها و کانال‌هایی که برای انتقال پودرهای قابل انفجار بکار می‌روند، بایستی از مواد رسانا ساخته شده و به زمین متصل باشند. راه دیگر یا راه اضافی این است که فضا را با نیتروژن خنثی نمایند یا کانال‌ها را به قدر کافی محکم ساخت تا در برابر انفجار مقاومت نمایند و یا از یک لوله‌ی تخلیه فشار ناشی از انفجار استفاده نمود. حادثه‌ی فوق‌الذکر نمونه‌ای دیگر از خطری می‌باشد که با دادن یک سری تغییرات ساده به واحد به وجود می‌آید. سایر حوادث در فصل دوم توضیح داده شده است.

توجه نمایید که کار گذاشتن یک قسمت پلاستیکی در یک خط لوله به طوریکه انتهای لوله‌ی فلزی به زمین اتصال نداشته باشد، در حالیکه با پودرها یا مایعات سر و کار داریم می‌تواند خطرآفرین باشد.

هنگام افزودن پودر به طور دستی به مخازنی که دارای گازهای قابل اشتعال هستند، چندین آتش‌سوزی رخ داده و استفاده از روش‌های مکانیکی برای افزودن مواد در این خصوص توصیه شده

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

است[5]. بهتر است با ایجاد پوشش گاز خنثی از تشکیل مخلوط‌های قابل انفجار جلوگیری نماییم. در مرجع شماره 5 نیز چند مورد تخلیه‌ی الکتریکی از سطوح پلاستیکی مورد بحق قرار گرفته است. برای مثال، اپراتوری روکش پلاستیکی یک لامپ بازرسی را برای استفاده در فضاهای قابل اشتعال مجاز بود، با دستکش خود پاک نمود. روکش مزبور باردار گشت و هنگامیکه وارد یک مخزن محتوی یک گاز قابل اشتعال گردید، گاز مشتعل گردید. این مخزن یک مخزن آلمینیومی بود که با محلول هیدروکسید سدیم پاک شده بود و به همین دلیل در فضای آن مقداری هیدروژن موجود بود. مقاومت سطحی تجهیزات برقی جهت استفاده در فضاهای قابل اشتعال بایستی کمتر از یک گیگا (G) اُهم در رطوبت نسبی 50 درصد باشد. البته زمانی که مخزن از گاز پاک نشده بود، نباید بازرسی صورت می‌پذیرفت.

هنگامی‌که مقدار بنزین سرریز شده توسط جارویی با موهای پلاستیکی در حال تمیز شدن بود آتش‌سوزی به وقوع پیوست. بنزین سرریز شده را می‌بایستی قبلاً با کف می‌پوشاندند.

اگرچه در زمینه‌ی تخلیه‌ی بارهای ساکن از سطوح پلاستیکی آتش‌سوزی‌هایی رخ داده است اما در مقایسه با استفاده‌ی گسترده‌ای که از مواد پلاستیکی می‌شود، تعداد این حوادث بسیار اندک می‌باشد [6]. اگر سطوح پلاستیکی مستعد باردار شدن باشند و احتمالاً مخلوطهای قابل اشتعال وجود داشته باشند، بنابراین محوطه‌ی بدون حفاظ پلاستیک نبایستی از 20 سانتی‌متر مربع تجاوز نماید. اگر سطوح پلاستیکی مستعد باردار شدن بوده و احتمالاً مخلوط‌های قابل اشتعال نیز وجود داشته باشند، آنوقت سطح تماس ماده‌ی پلاستیکی در صورتی که انرژی اشتعال مخلوط معادل «0/2 میلی‌ژول» باشد نباید از 20 سانتی‌متر مربع تجاوز نماید و در صورتی که انرژی اشتعال کمتر باشد، این مساحت کاهش می‌یابد.

15-4: الکتریسیته‌ی ساکن ناشی از پارچه

الف) اپراتوری از روی پلکان سر خورد و به دلیل پیچ‌خوردگی مچ پا تا 17 روز از شیفت غایب بود. پلکان و چکمه‌های اپراتور در شرایطی مناسب قرار داشتند.

عکس‌العمل بسیاری از افراد نسبت به این حادثه این می‌تواند باشد که آنرا از آن دسته حوادثی تلقی نمایند که نمی‌توان در مورد آن کاری انجام داد و در گزارش حادثه آمده که قبلاً یکبار به اپراتور مزبور گفته شده بود که بیشتر احتیاط نماید.

با این حال در واحدی که این حادثه به وقوع پیوست مسئولان از این توجیه ساده راضی نبودند. آنان با دقت بیشتری این حادثه را مورد بررسی قرار دادند و از شخص مجروح سؤال گردید که چرا از نرده‌های پلکان استفاده نکرده است.

بعداً مشخص گردید که این نرده‌ها از پلاستیک پوشیده شده‌اند و هرکسی که کفش عایق‌دار بپا داشته و به آن دست می‌زده بار الکتریکی در بدنش جمع می‌گردیده و زمانی که اپراتور به فلز دست زده، دچار

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شوک الکتریکی خفیف شده است. البته جرقه چندان شدید نبوده که به کسی آسیب برساند ولی چیز خوشایندی نیز به شمار نمی‌آمد. بنابراین افراد تمایلی به استفاده از این نرده‌ها نشان نمی‌دادند.

برای اینکه جرقه‌ای توسط انسان احساس شود، حداقل انرژی آن باید یک میلی‌ژول باشد. حداقل انرژی لازم برای اشتعال یک مخلوط قابل اشتعال 0/2 میلی‌ژول می‌باشد. از این‌رو در صورت وجود بخار قابل اشتعال، جرقه‌ای که می‌تواند حس شود مطمئناً از قابلیت ایجاد اشتعال نیز برخوردار است.

ب) همه‌ی ما با راه رفتن بر روی فرش‌های نخی دستباف (یا برخاستن از روی یک صندلی) دارای بار ساکن شده و هنگام دست زدن به اشیاء فلزی مثل قفسه‌های بایگانی دچار شوک خفیفی گشته‌ایم. با قدم زدن بر روی کف یک کارخانه در حالیکه کفش عایق‌دار بپا داریم نیز بارهای مشابهی در بدن ما جمع شده و جرقه‌هایی که به این طریق تشکیل می شوند، قادرند بخارت یا گازهای نشت شده‌ی قابل اشتعال را به خصوص در آب و هوای خشک مشتعل نمایند. با این حال این پدیده نادر است و اصرار بر استفاده از کفش با ماده‌ی رسانا قابل توجیح نیست مگر آنکه موارد نشتی زیاد باشد [7]. در صورت زیاد بودن موارد نشتی، جلوگیری از تکرار آنها بسیار مؤثرتر از جلوگیری اشتعال آنها است.

ب) راننده‌ای در یک پمپ بنزین توقف نمود و سرپوش واقع در انتهای شیلنگ پرکننده را برداشت و آنرا در دست گرفت. درحالیکه یک مأمور پمپ بنزین در حال زدن بنزین به ماشین بود، راننده لباس گرم خود (پولیور) خود را در آورد و با این کار بار الکتریکی روی بدن او جمع گردید و مخالف آن بر روی پولیوری که او آنرا بدرون ماشین انداخت به وجود آمد. راننده کفش‌هایی از مواد نارسانا به پا داشت، بنابراین بار نتوانست به زمین انتقال پیدا کند.

هنگامی که او قصد داشت سرپوش را روی شیلنگ پرکننده بگذارد، جرقه‌ای از سرپوش به سمت لوله جهید و شعله‌ای در انتهای شیلنگ ظاهر گشت. شعله فوراً مهار گردید و نتوانست به داخل مخزن بنزین انتقال پیدا کند. مخلوط بخار و هوای موجود در مخزن برای انفجار بسیار غنی بود. زمانی از این مسئله نگران بودند که در مورد لباس‌های نخی دست‌باف بیش از لباس‌های کتان و پشمی احتمال ایجاد بار در روی کسی که آنها را بر تن می‌کند، وجود داشت.

حادثه‌ای که در فوق توضیح داده گشت، نشان می‌دهد که یک بار فقط زمانی ایجاد می‌شود که شخصی لباس خود را در آورد. معمولاً هنگام مواجه شدن با یک نشتی، ما برای شروع کار لباس‌های خود را در نمی‌آوریم. بنابراین تا آنجا که مربوط به الکتریسیته‌ی ساکن است، نیازی نیست که نوع لباس مورد استفاده را محدود نماییم. جرقه‌ی الکترواستاتیک (الکتریسیتیه‌ی ساکن) ناشی از افراد در مرجع شماره‌ی 8 مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

Refrence:

1. G. C. Vincent and C. W. Gent, Armzonia Plant Safety, Vol. 20, 1978, 2. Chemical Safety Sumnzary No. 19

2. Chemical Industries Association, London, Oct./Dec. 1977.

http://mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

3. Case Histories of Accidents in the Chemical Inclustry, No. 1807, Manufacturing Chemists Association, Washington, D.C.. Apr. 1975.

4. R. Stevens, Plant/Operations Progress, Vol. 4, No. 2, Apr. 1985, p. 68.

5. Loss Prevention Bulletin, No. 097, Feb. 1991, p. 9.

6. B. Eyre, Atom, No. 407, Oct. 1990, p. 11.

7. DOE Quality 4lert, Bulletin No. DOE/EH-0266. U.S. Dept. of Energy, Washington, D.C., Aug. 1992.

8. Loss Preet'ention Biilletirz, No. 089, Oct. 1989, p. 27.

9. Health and Safeh at Mbrk, Vol. 14, No. 6, June 1990, p. 4. p. 22.

10. M. Turner, The Chernical Engineer; No. 468, Jan. 1990, p. 28.

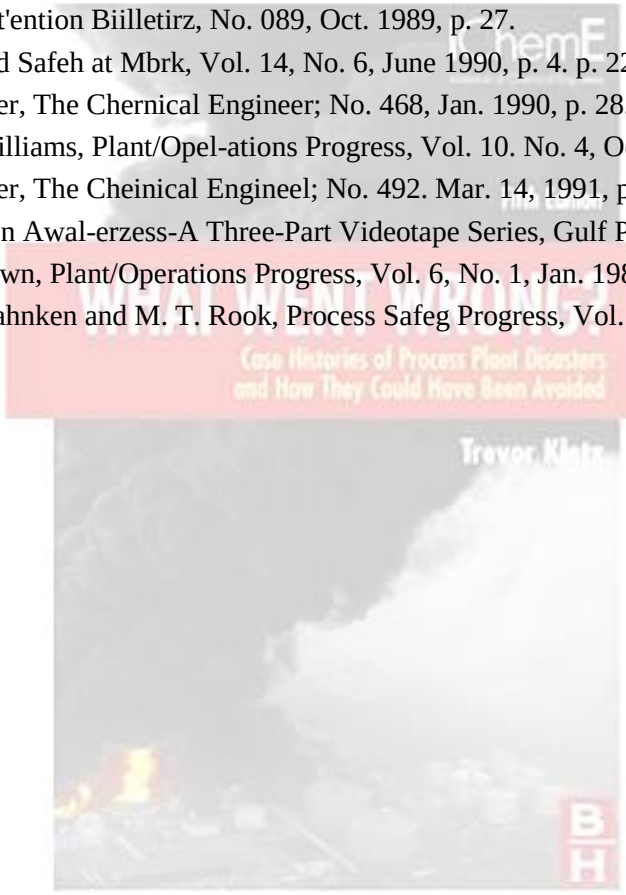
11. S. M. Williams, Plant/Opel-ations Progress, Vol. 10. No. 4, Oct.

12. M. Turner, The Cheinical Engineel; No. 492. Mar. 14, 1991, p. 40.

13. Corrosion Awal-erzess-A Three-Part Videotape Series, Gulf Publish-

14. S. J. Brown, Plant/Operations Progress, Vol. 6, No. 1, Jan. 1987, p. 20.

15. G. E. Mahnken and M. T. Rook, Process Safeg Progress, Vol. 16,



http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل شانزدهم

مواد ساخت

16-1: استفاده از مواد نادرست

بسیاری از حوادث به دلیل استفاده از تجهیزات با جنس نامناسب به وقوع پیوسته‌اند. معمولاً این حوادث از خطاهای پرسنل ساخت و تعمیر و نگهداری یا تأمین کننده‌هایی ناشی شده که از مواد مشخص شده استفاده نکرده یا آنرا تأمین نکرده‌اند. در نتیجه خطای متخصصین که مواد مورد استفاده را به اشتباه مشخص نموده‌اند، موجب به وقوع پیوستن حوادث معدودی گردیده است.

برای نمونه به رخدادهای زیر توجه فرمایید:

الف) در خطی که حامل گاز کلر خشک بود، اشتباهاً فلنجی از جنس تیتانیوم نصب گردید. فلنج مزبور آتش گرفت. تیتانیوم برای کلر مرطوب ایده‌آل است اما در اثر تماس با کلر خشک آتش می‌گیرد. (این آتش‌سوزی در نتیجه‌ی ترکیب سریع با کلر صورت می‌پذیرد نه با اکسیژن).

ب) یک شیر از جنس کربن استیل که با رنگ آلمینیوم رنگ شده بود به جای یک شیر از جنس فولاد ضد زنگ بکار رفت. همین امر خوردگی شیر را موجب گشت.

پ) شیر مجرابندی مورد استفاده قرار گرفت که مجرابند آن به جای فولاد ضد زنگ 304L از جنس نیکل خالص اما بدنه‌ی شیر از ماده‌ی مناسبی ساخته شده بود. این شیر در خط انتقال دهنده‌ی اسید نیتریک نصب گردید. پنج ساعت بعد مجرابند ناپدید شده و از ناحیه‌ی جوش لوله اسید شروع به تراوش به بیرون کرد. در برگه‌ی گواهی تستی که سازندگان ارائه داده بودند، شیر از جنس فولاد 304L ذکر شده بود.

ت) در واحدی که با مخلوطی از چند اسید سر و کار داشت، شیری می‌بایست در طول شب تعویض می‌گردید. مکانیک نتوانسته بود شیر مناسبی در کارگاه پیدا کند اما با نگاهی به اطراف، در یک واحد دیگر یک نمونه از آنرا پیدا کرد. وی با آهن‌ربایی شیر را مورد آزمایش قرار داده و آنرا غیر مغناطیسی یافت و به همین دلیل تصور نمود که شیر مزبور مشابه شیرهای از جنس فولاد ضد زنگی است که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین به نصب آن اقدام نمود. چهار روز بعد شیر به طرز فجیعی خورده شد و از آن اسید نشت نمود. شیر مزبور از هاستالوی (Hastalloy) ساخته شده بود. این آلیاژ برای واحد مصرف‌کننده‌ی مخلوطی اسیدی نامناسب بوده، در صورتی که برای استفاده در واحد اولیه مناسب به نظر می‌رسید.

ث) به نظر می‌رسید تانکری که برای حمل و نقل داخلی از آن استفاده می‌گشت از فولاد ضد زنگ ساخته شده باشد. از این‌رو با محلول سود سوزآور پنجاه درصد پر گردید. دوازده ساعت بعد تانکر خالی شد زیرا تانکر از جنس آلمینیوم بوده و سود سوزآور سوراخی در آن ایجاد کرده و باعث نشتی شده بود.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

نوع ماده‌ی بکار رفته در ساخت تمامی تانکرهایی که در واحد محل حادثه برای حمل و نقل داخلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند حالا دیگر روی آن حک شده است.

ج) یک لوله‌ی جانبی مسدود و استفاده نشده روی یک مخزن جدید و کوچک نصب گردید. یک ماه بعد همان لوله‌ی جانبی شروع به نشت نمود. بعداً معلوم گردید که مخزن با یک لوله‌ی جانبی به واحدی رسیده که توسط فلنج کوری از جنس چوب محافظت می‌شده است. چوب با همان رنگ مخزن رنگ شده بود، به طوریکه که کسی متوجه نگشت که آن از جنس فولاد نیست.

چ) به دلیل استفاده از پیچ‌هایی با سختی نامناسب، پمپ پلایشگاهی نشت نموده و یک آتش‌سوزی به وقوع پیوست. سایر پمپ‌هایی که توسط همان سازنده تأمین گردیده بود بعداً تحت بازرسی قرار گرفت و در نتیجه معلوم شد که پیچ و مهره‌ی یکی دیگر از آنها با مشخصات داده شده مطابقت ندارد. این پمپ تا قبل از نشتی دادن 6500 ساعت کار کرده بود.

اگر همان‌طور که در بخش 1-2-7 توصیه شده بود، پمپ به یک شیر جداکننده‌ی اضطراری کنترل از راه دور مجهز بود، نشت هرچه سریع‌تر متوقف می‌گشت و میزان خسارت نیز خیلی جزئی بود. در اثر وقوع چنین پیشامدی واحد به مدت پنج هفته تعطیل گردید.

در بخش 6-1-9(ب) توضیح داده شد که اگر لوله‌ی خروجی یک مبدل فشار قوی آمونیاک بجای آلیاژی متشکل از $1\frac{1}{4}$ درصد کرم (Cr) و 5 درصد Mo از کربن استیل ساخته شود، چه حادثه‌ای روی خواهد داد. در اثر واکنش شدید با هیدروژن سوراخی در یک زانویی ایجاد شده، نیروهای حاصل از واکنش گاز در حال خروج، مبدل را واژگون ساخت.

خ) پس از اینکه تشخیص داده شد تعدادی از لوله‌های جدید از آلیاژ نامناسبی ساخته شده‌اند، تحقیقات بیشتر نشان داد که بسیاری از لوله‌ها و گیره‌ها و شیرهای موجود در انبار نیز از آلیاژ نامناسبی ساخته شده‌اند. تحقیقات به سایر بخش‌های واحد گسترش یافته و در زیر به برخی از یافته‌های این تحقیقات اشاره می‌نماییم:

1- استفاده از الکترودهای نادرست برای دادن هفتاد و دو مورد جوش روی لوله‌های کوره.

2- نصب شیرهای تخلیه‌ی مایع و گاز از جنس کربن استیل روی سیستمی از جنس آلیاژ فولاد.

3- نصب دو فلنج بزرگ از جنس کربن استیل روی پوسته‌ی یک مبدل حرارتی از جنس آلیاژ فولاد روی فلنج‌ها کلمه‌ی آلیاژ مهر شده بود.

د) بررسی‌هایی که بر روی قطعات تحویل داده شده به یک واحد جدید آمونیاک صورت گرفته است، نشان داد که5480 قلم از آنها (1/8 درصد از کل) از مواد نامناسبی درست شده‌اند. 2750 قلم از این تعداد شامل بست‌های لوله‌های کوره می‌گردید. اگر این اشتباهات تشخیص داده نشده بود، احتمالاً سقف کوره به هنگام سرویس خراب می‌گشت.

"... فروشندگان اغلب اقدام به ارسال مواد ((نامرغوب)) نموده‌اند بدون اینکه خریدار را از این موضوع مطلع نمایند. بدین ترتیب که مثلاً اگر از آنان خواسته شده بود تا بیست فلنج از جنس کربن استیل را با اندازه‌ی داده شده فراهم کنند و فقط 19 فلنج آماده در اختیار بوده، به احتمال زیاد بیستمین فلنج با اندازه‌ی معین از جنس ماده‌ی مرغب (Cr کرم) $2\frac{1}{4}$ درصد تحویل داده شده است. هنگام اعتراض، فروشنده اغلب خشمگین می‌شود، زیرا او جنس مرغوبتر و به عبارت دیگر گرانتری را به قیمت اولیه

http://mohandes-iran.com

عرضه کرده است. بایستی به او توضیح داده می‌گشت که ماده‌ی مرغوب به تنهایی کاملاً مناسب است، در صورتی که در مورد این ماده‌ی اطلاع کافی داده شود. اگر ما در این مورد اطلاعی نداشتیم، به احتمال زیاد مراحل جوش مربوط به کربن استیل را برای فولادی با $2\frac{1}{4}$ درصد کرم بکار می‌بردیم که این خود نتایج وخیمی در بار داشت[1].

حوادثی که تحت بندهای (پ)، (چ) تا (د) مورد بحث قرار گرفت باعث گردید تا امروزه بسیاری از کمپانی‌ها بر این مسئله تأکید ورزند که اگر استفاده از فولاد با درجه‌ی نادرست بر یکپارچگی واحد تأثیر می‌گذارد، بایستی درضد فولاد تمام پیچ‌ها، مهره‌ها، فلنج‌ها؛ کلیه‌های جوشکاری و لوله‌هایی که از جنس فولاد هستند، قبل از استفاده بررسی شوند. این آنالیز را می‌توان براحتی با یک آنالیزور اسپکتوروگرافیک طیف‌نگار انجام داد. بخش طراحی بایستی مشخص نماید که کدام خط لوله به بازرسی نیاز دارند و مطابق با آن روی نقشه‌ها علامت‌گذاری کند.

ذ) ضایعات فولادی برگشتی به پروسه‌ی تولید فولاد ضد زنگ موجب افزایش غلظت عناصر جزئی می‌شود که این مسئله در مشخصات فولاد ذکر نمی‌شود. این خود می‌تواند باعث کاهش مقاومت فولاد در برابر خوردگی و کیفیت جوش گردد که البته تا به حال حوادث خطرناکی در این رابطه گزارش نشده است.

16-2: به وجود آمدن هیدروژن در اثر خوردگی

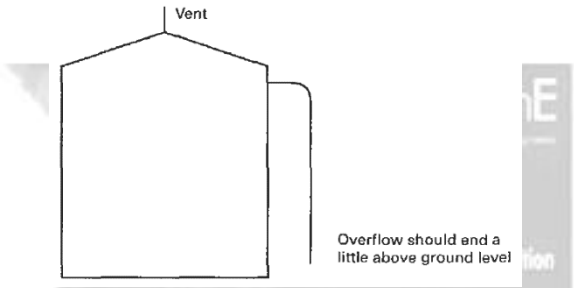
هیدروژنی که در اثر خوردگی به وجود می‌آید، می‌تواند در جاهایی غیر قابل انتظار ظاهر شود. در ذیل به چند نمونه از این موارد اشاره می‌نماییم:

الف) یک مخزن محتوی اسید سولفوریک منفجر گردید. از آنجایی که احتمال چنین انفجاری پیش‌بینی نشده بود، جوش دیوار- سقف محکم‌تر از حد معمول بوده و مخزن از ناحیه‌ی دیوار- پایه شکاف برداشت. مخزن تا 15 متر به هوا پرت گردیده و بدون برخورد با سایر مخازن، بام ساختمان را سوراخ کرده و بر روی یک قطعه زمین خالی در نزدیک‌ترین ساختمان افتاد. خوشبختانه کسی در این حادثه آسیب ندید. اگر مخزن به سمت دیگر ساختمان پرتاب می‌گشت به داخل یک خیابان شلوغ می‌افتاد. در اثر خوردگی جزئی مخزن، مقداری هیدروژن تولید شده بود. مخزن به یک لوله‌ی خارج‌کننده‌ی مایع سر ریز شده مجهز بود که به سطح زمین منتهی می‌گشت و لوله‌ی تخلیه گازی به مخزن وصل نبود. بنابراین هیدروژن نتوانست به خارج راه پیدا کند و زیر سقف مخروطی مخزن جمع گردید و توسط جوشکارانی که در آن حوالی مشغول کار بودند مشتعل گشت. (احتمالاً مقداری هیدروژن از لوله‌ی سرریز به خارج راه پیدا کرده بود)[2].

بایستی مانند شکل (16-1) در بالاترین نقطه‌ی مخزن یک لوله‌ی تخلیه‌ی گاز کار گذاشته می‌گردید.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

غالب عرضه‌کنندگان اسید سولفوریک توصیه نموده‌اند که اسید مزبور در مخازن تحت فشار که برای مقاومت در برابر فشار مانومتری 30 Psi (2بار) طراحی شده‌اند بایستی نگهداری شوند. معمولاً اسید به وسیله‌ی هوای فشرده از تانکرها تخلیه می‌شود و در صورت گرفتگی لوله‌ی تخلیه‌ی گاز، مخزن ممکن است در معرض کل فشار هوای فشرده قرار گیرد.



شکل 1-16: همان‌طور که مخازن اسید، مجهز به لوله سرریزی هستند، بایستی به یک لوله‌ی تخلیه‌ی گاز در بالاترین نقطه نیز مجهز باشند تا هیدروژن بتواند خارج شود.

ب) هیدروژنی که در اثر خوردگی به وجود می‌آید، به صورت اتمی است و می‌تواند به داخل آهن نفوذ نماید. این امر، باعث شده تا هیدروژن در مکان‌های غیر قابل انتظاری مثل پیستون‌های توخالی ظاهر گردد. هنگامی که سوراخ‌هایی در پیستون ایجاد شده، هیدروژن به بیرون راه یافته و آتش گرفته است[3].

در حادثه‌ای دیگر برای تمیز نمودن داخل پوشش عبوردهنده‌ی آب اطراف مخزنی با آستر شیشه‌ای، از آب اسیدی استفاده می‌گردد. مقداری هیدروژن از دیواره‌ی مخزن نفوذ کرده و با ایجاد فشار کافی باعث ترک برداشتن آستر شیشه‌ای گردید. فرایند خوردگی اکسیژن مصرف می‌نماید و همین مسئله باعث می‌شود تا مخازن از بین بروند. (رجوع به بخش 4-3-5) و هنگام ورود به آن افراد بیهوش شوند. برای اطلاعات بیشتر به بخش (11-1 ت) مراجعه نمایید.

16-3: اثرات دیگر خوردگی

معمولاً خوردگی با بیش از حد نازک کردن جداره‌ی نگهدارنده‌ها و مخازن باعث خرابی و نشتی دادن آنها می‌شود. بدین‌ترتیب آنها دیگرتحمل باد و فشار را نخواهند داشت. با این وجود زنگ‌زدگی نیز می‌تواند عامل دیگر خرابی و ازکارافتادگی باشد و هفت برابر حجم فولادی را اشغال نماید که از آن تشکیل یافته است. هنگامی که سطح تماس دو صفحه‌ی پَرچ یا پیچ و مهره شده به یکدیگر زنگ بزنند، فشار زیادی ایجاد می‌شود. این فشار باعث می‌شود تا صفحات از یکدیگر جدا شده و یا حتی پیچ و مهره‌ها و پرچ‌ها بشکنند.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

16-2: از بین رفتن پوشش‌های محافظ

اغلب اوقات از پره‌های آلمینیومی برای پمپ نمودن ماده‌ی مبرد هیدروکربن فلوئوردار استفاده می‌نمایند. اگر پره‌ی پمپ بر روی بدنه‌ی آن کشیده شود، لایه‌ی محافظ اکسید آلمینیوم از بین رفته و در اثر گرمای محیط حاصل از اصطکاک آلمینیوم با ماده‌ی مبرد واکنش انجام می‌دهد، از این‌رو ممکن است پره‌ها از بین روند. برخورد و تماس پره‌ها با بدنه‌ی پمپ احتمالاً ناشی از فرسودگی یاتاقان‌هایی است که در نتیجه‌ی نوسانات کمپرسور رخ می‌دهد، از این‌رو بایستی علل هرگونه نوسانی بررسی شود [4].

در یک نوع خاص از اتصال فشار بالا واشرهای مسی بکار رفته بود. پس از اینکه تست‌های آزمایشگاهی هیچ نوع واکنشی با مواد فرایندی را نشان نداد، تغییراتی در آلومینیوم داده شد. معمولاً واشرها تا چند سال دوام داشتند اما یکی از آنها پس از چند روز از بین رفت. بعدها متوجه گردیدند، شخصی که آنرا نصب نموده، می‌خواسته بخوبی کار خود را انجام دهد. بنابراین قبل از نصب، واشر را تمیز کرده است. با این‌کار لایه‌ی اکسید از بین رفته و آلمونیوم در مایع فرایند حل گشت. تمیز نمودن واشرها قبل از نصب، کاری معمولی بوده است. غافل از اینکه تمیز نمودن آن باعث تشکیل یک لایه‌ی اکسید تازه می‌شود.

مجدداً از مس استفاده گردید. زیرا استفاده از مس برای مصرف کننده راحت‌تر از آلمینیوم بوده و سطح آن تاب تحمل خراشیدگی یا تمیز کردن را دارا است.

Refrence:

1. T. A. Kletz, An Engiizeer-S Vieit. of Hzunan Errol; 2nd edition. Institu

2. Accident at Mnrklzain Colliery, Der-byshire, Her Majesty's Stationery of Chemical Engineers. Rugby, UK, 1991, Chapter

2. Office, London, 1974. 3. Loss Prevention Bidletin, No. 092, Apr. 1990, p. 9.

4. Health and Safe5 at Work, Vol. 14, No. 12, Dec. 1992, p. 10.

5. J. S. Arendt and D. K. Lorenzo. "Investigation of a Filter Explosion," Paper presented at AIChE Loss Prevention Symposium, San Diego. Aug. 1990.

6. J. A. Senecal, Joitrnal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 4, No.

5. Loss Preiiention Bulletin, No. 107, Oct. 1992, p. 24.

7. Health and Safety Executive, The Fire at Allied Colloids Ltd.. Her Majesty's Stationery Office, London, 1994.

8. E. H. Frank, private communication.

9. Operating Experience Weekly Sunzmary, No. 97-03, Office of Nuclear and Safety Facility. U.S. Dept. of Energy, Washington, D.C., 1997, p.1; No. 97-19, p. 2: No. 97-22, p. 1; and No. 97-30, p 1. See also Mixing and Storing Incornpatible

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

Clzernicals. Safety Note No. 97-1, Office of Nuclear and Safety Facility, U.S. Dept. Of Energy, Washington, D.C., 1997.

10. A. Wilson, Well Oiled, Northgate, London, 1979, p. 76.

11. Ministry of Social Affairs and Public Health, Report Concerning an Inquiry into the Cause of the Explosion on 20th Januaq 1968 at the Premises of Shell Nederland Raffinaderiji NV in Pernis, State Publishing House, The Hague, The Netherlands, 1968.

12. Loss Prevention Bulletin, No. 107, Oct. 1992, p. 24.

13. P. J. Nightingale, PlaidOperations Progress, Vol. 8, No. 1, Jan. 1989,

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل هفدهم

روش‌های عملیاتی

این فصل حوادثی را توضیح می‌دهد که به دلیل وجود عیب و نقص در مراحل انجام کار رخ داده‌اند و شامل حوادث ناشی از وجود عیب و نقص در روش‌های آماده‌سازی دستگاه‌ها جهت تعمیر و نگهداری آنها یا ورود به مخازن نمی‌شود. این از این دست حوادث در فصل‌های 1 و 11 بحث شده‌اند.

17-1: فشار محبوس شده

در عملیات تعمیر و نگهداری، فشار محبوس شده خطر شناخته‌شده‌ای است که در بخش 1-3-6 مورد بحث قرار گرفت. در اینجا حوادثی بحث می‌شوند که از عملیات فرایندی ناشی شده‌اند.

روزانه هر هر واحدی، دستگاه‌هایی که تحت فشار بوده‌اند باز می‌شوند. اینکار معمولاً طبق یک مجوز کاری صورت می‌پذیرد. یک نفر کار را آماده می‌نماید، دیگری درب مخزن را باز می‌نماید. معمولاً اینکار با شل نمودن پیچ‌ها انجام می‌شود تا فشار موجود در مخزن قبل از ببار آوردن هرگونه خسارتی آشکار شود، البته مشروط بر اینکه اتصال به طرز صحیحی قطع شود. (در بخش 1-5-1 توضیح داده شده است).

تعدادی از حوادث جدی و خطرناک هنگامی به وقوع پیوسته‌اند که انجام تمامی امور (آماده سازی و باز کردن) به عهده‌ی یک نفر بوده و بجای پیچ و مهره از ابزاری که سریعاً مخزن را باز می‌کنند استفاده شده است. در بخش 5-13 حادثه‌ای در رابطه با تانکر توضیح داده شده است. در اینجا به نمونه‌ای دیگر اشاره می‌نماییم:

در یک فیلتر تحت فشار، کاتالیست معلقی از یک جریان فرایند بیرون آورده شد. پس از پایان یافتن عمل فیلتراسیون (صاف‌سازی) مایع باقی مانده به کمک بخار یا فشار مانومتری 30 Psi (2 بار) از فیلتر به بیرون ریخته گشت. فشار موجود در فیلتر به کمک یک شیرتخلیه‌ی گاز کاهش یافته و افت فشار در ورودی فشارسنج مشاهده گردید. سپس اپراتور فیلتر را جهت تمیز کردن باز نمود. در فیلتر به وسیله‌ی 8 میله‌ی شعاعی که به پیچ‌های رکابی (U شکل) روی بدنه‌ی فیلتر نصب شده بود، بسته نگاه داشته می‌شد. میله‌ها با گرداندن چرخ بزرگ نصب شده بر روی درب از پیچ‌های رکابی (U شکل) جدا شده و بعد از آن امکان برداشتن درب وجود داشت. یک روز اپراتوری قبل از تخلیه‌ی فشار اقدام به باز نمودن درب فیلتر نمود. به محض اینکه کمی از آن را باز کرد، درب به شدت باز شد و او با قرار گرفتن بین در و قسمتی از ساختمان در دم کشته شد. در چنین موقعیت‌هایی اپراتور بدون هیچ چاره‌ای دیر یا زیاد فراموش خواهد کرد که فشار را تخلیه نکرده و زمانی که هنوز دستگاه تحت فشار است به باز نمودن آن اقدام خواهد ورزید. در این حادثه اپراتور در پایان آخرین شیفت خود پیش از آغاز تعطیلاتش بود. مانند حوادثی که در بخش 2-3 توضیح داده شد، خیلی راحت می‌توان گفت که این حادثه ناشی از اشتباه اپراتور بوده است. اما اگر کمی دقیق‌تر فکر کنیم می‌بینیم که حادثه‌ی مزبور در نتیجه‌ی ایجاد وضعیتی به وقوع پیوست که

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

وقوع آنرا اجتناب‌ناپذیر نموده بود. هرگاه اپراتور مجبور به باز کردن دستگاهی باشد که تحت فشار قرار داشته:

الف) بایستی طرح درپوش طوری باشد که به دستگاه امکان دهد تا زمانی که دستگاه هنوز قادر به تحمل فشار کامل است، حدود $\frac{1}{4}$ اینچ باز شود و باید برای باز نمودن کامل در پوش به عملیات جداگانه‌ای نیاز باشد. اگر در حالیکه مخزن، تحت فشار قرار دارد درپوش شل گردد فشار فوراً خود را نشان داده و می‌تواند از طریق شکاف، تخلیه شده یا در پوش می‌تواند شل شود.

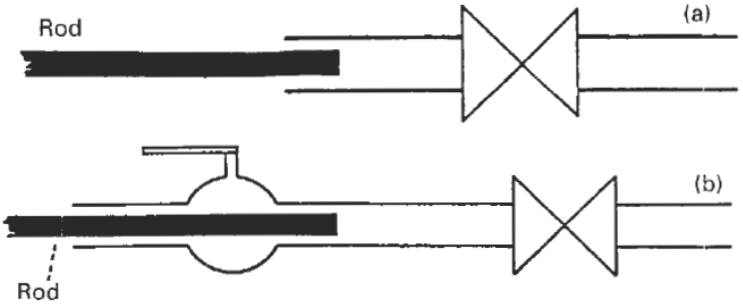
ب) علاوه بر این تا حد امکان بایستی چفت و بست‌ها طوری باشند که مخزن نتواند تا زمان ایزوله شدن منبع فشار و باز شدن شیر تخلیه باز شود.

پ) هنگامی که اپراتور در صدد باز نمودن در یا درپوش است، بایستی فشارسنج و شیر تخلیه در معرض دید وی باشد[1].

17-2: تمیز نمودن خطوط مسدود شده

الف) شخصی مشغول میل زدن یک لوله‌ی مسدود شده‌ی $\frac{1}{4}$ اینچی بود که به یک دستگاه ابزار دقیق منتهی می‌گشت. (a17-1) هنگامی که اپراتور گرفتگی لوله را برطرف نمود متوجه گردید که شیر بسته نمی‌شود، در نتیجه وی قادر به متوقف ساختن جریان مایع قابل اشتعال نگردید. بدین ترتیب مجبور شدند بخشی از واحد را متوقف سازند.

میل زدن خطوط لوله با قطر داخلی کم، گاهی ضروری است. اما پیش از انجام این‌کار بایستی به انتهای خط، یک شیر توپی یا سماوری نصب گردد (شکل 1-17 b) بدین ترتیب می‌توان هنگامی که گرفتگی بر طرف گشت، جریان را ایزوله ساخت. حتی اگر شیر اصلی قابل بسته شدن نباشد.



شکل 1-17: طریق پاک نمودن یک خط مسدود شده: روش نادرست (a) و روش صحیح (b)

ب) برای تمیز نمودن گرفتگی لوله‌ای به قطر 2 اینچ از هوای فشرده‌ای با فشار مانومتری Psi50 (3/4 بار) استفاده گردید. مجرابند توپُر با چنان فشاری به جلو رانده شد که هنگام برخود با صفحه‌ی انحنا دهنده (طبق شکل 1-15) آنرا از شکل واقعی خارج ساخت.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در حادثه‌ی دیگر لوله‌ی عمودی U شکل به قطر 4 اینچ که قسمتی از یک مبدل حرارتی بزرگی را تشکیل می‌داد، به طور مکانیکی در حال تمیز شدن بود که ناگهان وسیله‌ی پاک‌کننده با وزنی حدود 25 کیلوگرم داخل آن گیر نمود. منبع نیتروژنی با فشار مانومتری 3000 Psi (200 بار) در دسترس بود. از این‌رو تصمیم گرفته شد تا از آن برای رفع گرفتگی مزبور استفاده شود وسیله‌ی مزبور از انتهای لوله‌ی U شکل به بیرون پرت شده و با سوراخ کردن سقف ساختمانی که درصد متری قرار داشت به زمین اصابت نمود. هرگز نباید از فشار گاز برای پاک نمودن لوله‌های گرفته شده استفاده شود.

پ) لوله‌ی یک اینچی که حاوی اسید سولفوریک بود، دچار گرفتگی گردید. لوله را به بیرون از واحد انتقال داده و سعی نمودند آنرا با آب شیلنگ تمیز نمایند. جریان اسید تا 5 متر به هوا فوران نموده و یک تن از افرادی که مشغول کار بود را مجروح ساخت. کسانی که درگیر کار بودند هرگز نمی‌دانستند و یا فراموش کرده بودند که در اثر مخلوط شدن آب و اسید سولفوریک گرمای زیادی تولید می‌شود.

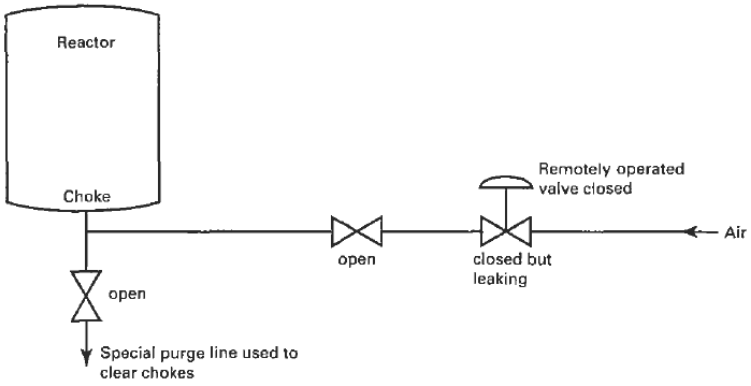
17-3: تنظیم نادرست شیر معیوب

به دلیل قصور اپراتورها در باز و بسته کردن شیرها در زمان مناسب حوادث بسیاری رخ داده است. غالب این حوادث به این جهت رخ داده‌اند که اپراتورها باز و بسته نمودن شیرها را فرموش کرده‌اند. چنین حواثی در بخش‌های 7-2-3، 8-2-3 و 5-13 و 1-17 توضیح داده شده‌اند. در این بخش حوادثی مورد بحث قرار می‌گیرد که به دلیل عدم آگاهی اپراتورها از اینکه چرا شیرها بایستی باز یا بسته باشند روی داده است.

الف) همچنان که در بخش 4-3-3 توضیح داده گشت، شیرهای اضطراری تخلیه‌ی یک واحد توسط یک منبع روغن هیدرولیکی بسته نگاه داشته شده بودند. روزی شیرها باز شدند و فشار در واحد مزبور شروع به کاهش نمود. بعدها دریافتند که سرکارگر بدون اطلاع مدیر و برخلاف دستورالعمل‌های موجود باب کرده بود که در زمان کاهش فشار منبع در سیستم روغن، منبع روغن ایزوله شود. احتمال وقوع چنین حادثه‌ای بسیار ضعیف بوده و احتمال آن از نشت روغن از یک سیستم ایزوله شده بسیار کمتر بود.

ب) ورودی هوا به واحد اکسیداسیون فاز مایعی هرازگاهی مسدود می‌گشت. به منظور رفع این گرفتگی جریان هوا ایزوله شده و مقداری از مایع درون راکتور به داخل ورودی هوا برگشت داده شد و توسط خط پاکسازی که برای این منظور در نظر گرفته شده بود، خارج گردید (شکل 2-14).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 2-17: مایع مورد استفاده برای پاکسازی در خط تخلیه‌ی آتش گرفت

یک روز اپراتوری شیر کنترل از راه دور لوله‌ی هوا را بست و با وجود اینکه دستورالعمل‌های موجود بر لزوم بسته‌بودن شیر دستی هم تأکید شده بود، او لزومی به بستن آن ندید. شیر کنترل از راه دور شروع به نشت نمود و در نتیجه‌ی برخورد هوا با محتویات راکتور در خط خوراک در آنجا واکنش روی داد. گرمای ایجاد شده باعث گردید تا خط مزبور از کار افتاده و آتش‌سوزی بزرگی روی بدهد.

لوله‌ی هوا بایستی به شیرهای نوع double-block کنترل از راه دور و شیرهای هواگیر[1] که با یک دکمه‌ی کار مجهز می‌گردیدند.

در بخش‌های 14-16 و 5-17(پ) حوادث دیگری بحث شده‌اند که در نتیجه‌ی اکتفا نمودن اپراتورها به شیرهای اتوماتیک و عدم حمایت از آنها با شیرهای دستی رخ داده‌اند.

17-4: نامشخص بودن مسئولیت‌ها

حادثه‌ی زیر نشان می‌دهد زمانی که وظیفه تجهیزات یک واحد بخوبی مشخص نشده و اپراتورهای شاغل در گروه‌های گوناگون که در برابر مدیران مختلف مسئول هستند شیرهای یکسانی ا بکار می‌اندازند چه حادثه‌ای روی می‌دهد؟

مشعلی در شکل (17-3) نشان داده شده برای خارج نمودن مازاد گاز سوختی بکار می‌رفت که به کمک شیرهای B و C و به وسیله‌ی یک بوستر از یک مخزن گاز به آن منتقل می‌گشت. شیر C معمولاً باز گذاشته می‌شد زیرا شیر B بیشتر در دسترس بود.

یک روز اپراتوری که مسئول مخزن بود متوجه گردید که فشار مخزن رو به کاهش است. بنابراین از یک واحد دیگر مقداری گاز به واحد خود وارد نمود. با این وجود نیم ساعت بعد، مخزن گاز به داخل مکیده شد. در یک واحد دیگر، مشعلی جهت تعمیر بایستی از سرویس خارج می‌گردید. در واحد مزبور

[1] Bleed Valve، شیری که در تلمبه‌ها و توربین برای خروج هوای داخل دستگاه تعبیه شده است (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

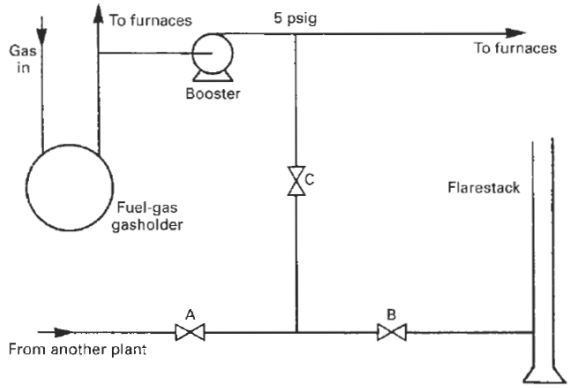
اپراتوری شیرهای A و B را بست تا بتواند از مشعل مخزن گاز استفاده نماید. او مدت‌ها قبل این کار را انجام داده و بعد از آخرین باری که وی مشعل را مورد استفاده قرار داده بود تغییر و تحولاتی به وقوع پیوست. اپراتور به این امر واقف نبود که عمل مزبور باعث می‌شود تا مخزن گاز توسط شیرهای C و B خالی شود. او برای اینکار با سه تن دیگر صحبت نموده ولی این مسئله را با اپراتور مخزن در میان نگذاشته بود. زیرا نمی‌دانست که شخص مزبور مسئول مخزن است.

وظیفه‌ی هر کدام از دستگاه‌ها بایستی بخوبی برای مدیر، سرکارگر و اپراتور مشخص شود و فقط مسئولین هر دستگاه باید آن را بکار اندازد.

اگر به گروه‌های مختلف امکان داده شود تا همان دستگاه را بکار اندازند، دیر یا زود حادثه‌ای به وقوع خواهد پیوست.

17-5: ضعف‌های ارتباطات

در این بخش حوادثی مورد بحث قرار می‌گیرد که به دلیل کوتاهی در مطلع ساختن افراد از مسائل ضروری یا به موجب ضعف در فهم آنچه که به آنها گفته شده و یا به علت اشتباه فهمیدن معانی لغات به وقوع پیوسته‌اند.



شکل 3-17: شیر B توسط اپراتورهای متعددی بکار افتاد

الف) از یک سرکارگر تعمیر و نگهداری خواسته شد تا پمپ معیوب یک آب خنک کن را بررسی نماید. او برای جلوگیری از خرابی دستگاه تصمیم گرفت تا فوراً سرعت آب خنک را کاهش دهد. سرکارگر این عمل را انجام داد ولی بلافاصله افراد گروه را از این مسئله مطلع نساخت. به همین دلیل سرعت آب خنک‌کن کاهش یافته، فرایند دچار اختلال شده و خنک‌کننده نشتی داد.

ب) مخزن تانکری که محتوی گاز نفت مایع بود، قبل از فرستاده شدن برای تعمیر از ماده‌ی مزبور تمیز گردید. از کادر آزمایشگاه خواسته شد که فضای درون تانکر را آنالیز نمایند تا ببینند که آیا هنوز

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

هیدروکربنی در آن موجود است یا خیر. کادر آزمایشگاه قبلاً مرتباً فضای داخل تانکرهای گاز مایع (LPG) را آنالیز می‌نمودند تا از وجود اکسیژن مطلع شوند. به دلیل سوء تفاهم آنها تصور نمودند که آن بار هم یک آنالیزر اکسیژن مود نیاز است بنابراین تلفنی گزارش دادند که اکسیژن اندازه‌گیری نشده است. اپراتور به خیال اینکه هیدروکربنی وجود ندارد، تانکر را جهت تعمیر فرستاد.

خوشبختانه پرسنل گاراژ با انجام آزمایش‌های مربوط به خود، مجدداً تانکر را چک نمودند و نتیجه نشان داد که هنوز بیش از یک تن گاز مایع در تانکر موجود است. برای کنترل بسیاری از کارخانه‌ها دادن نتایج به صورت تلفنی کافی می‌باشد. اما زمانی که بررسی‌ها به دلایل ایمنی انجام می‌گیرد، نتایج بایستی فقط به صورت کتبی پذیرفته شود.

پ) یک برج تقطیر خلاء batch به دلیل وجود برخی مشکلات در واحد دریافت محصول به صورت کمکی مورد استفاده قرار می‌گرفت. بویلر[1] تقطیر توسط یک روغن انتقال حرارت گرم شده و محصول واحد تقطیر با بستن شیر کنترل ایزوله گردیده بود. اپراتورها انتظار داشتند که واحد به زودی روی خط برگردد از این‌رو شیرهای دستی جداکننده را نبستند و آب را درون کندانسور در حال جریان نگاه داشتند. با این وجود خلاء شکسته شده و لوله‌ی تخلیه‌ی گاز روی بویلر باز گردید.

رفع نواقص واحد بعد از برج بیش از حد انتظار طول کشید و برج تقطیر batch، 5 روز به صورت کمکی باقی ماند. هیچ اطلاعاتی گرفته نشده و زمانی که چارت‌های دستگاه ثبت‌کننده[2] تمام گردید، چیزی جایگزین آنها نگردیده بود.

شیر کنترل روغن انتقال حرارت در حال نت بود. دمای بویلر بدون آنکه اپراتورها از آن مطلع شوند از 75 به 143 درجه‌ی سانتی‌گراد یعنی نقطه‌ی جوش محتویات برج، افزایش یافت. سرانجام به دلیل بروز آشفتگی در بویلر حدود 0/2 تن مایع از لوله‌ی تخلیه‌گاز خارج گردید.

سایر حوادثی که به دلیل اتکاء اپراتورها به شیرهای اتوماتیک و عدم پشتیبانی از آنها توسط شیرهای دستی رخ داده‌اند در بخش‌های 6-14 و 3-17 (ب) توضیح داده شده‌اند. نکته‌ی اضافی که بایستی در این حادثه روی آن تأکید نمود، روشن نبودن تفاوت میان استفاده از یک دستگاه به صورت کمکی با متوقف ساختن آن برای اپراتورها است. در مورد حادثه‌ی فوق‌الذکر هیچ زمان حداقلی برای استفاده از دستگاه به صورت کمکی مشخص نگردیده و در آن مدت هیچ اطلاعاتی دریافت نشده بود. در دستورالعمل‌های واحد بایستی پیرامون این مسئله راهنمایی‌هایی صورت می‌گرفت.

ت) بارها طراحان توصیه می‌کنند که دستگاه مرتباً چک یا بازرسی شود. اما مفهوم این کلمات چیست؟ آنها بایستی قید می‌کردند که دقیقاً چه آزمایشاتی باید انجام شود و انتظار می‌رود که چه چیزی توسط آنها تعیین شود.

در سال 1961، ترمز آسانسور معدن سنگی از کار افتاد. خوشبختانه این حادثه عواقب جدی به دنبال نداشت. طبق دستورالعمل صادر شده، کلیه‌ی اجزاء مشابه بایستی آزمایش می‌شدند. اما در دستورالعمل مزبور ذکر نشده بود که این آزمایش چگونه یا هر چند وقت یکبار باید صورت پذیرد. در معدن زغال سنگ قطعه‌ی مزبور در محل مورد آزمایش قرار گرفت ولی برای آزمایش کامل انتقال داده نشد و نیز

[1] boiler
[2] Recorders charts

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

جهت آزمایش‌های منظم بعدی زمان‌بندی نگردید. در سال 1973 آسانسور مزبور سقوط نموده و 18 تن کشته شدند [2].

ث) طبق قوانین مربوط به تابش‌های یون‌زا[1] (منابع تشعشع مهر و موم شده) در انگلیس، کلیه‌ی منابع رادیواکتیو مهر و موم شده بایستی «منبع تشعشع مهر و موم شده» در انگلیس، توسط شخص مجاز چک شود تا اطمینان حاصل گردد که آنان هنوز سر جای خود هستند.

به دنبال حادثه‌ای که در یک واحد رخ داد، متوجه گردیدند که کارمندان تصور نموده‌اند که شخص مجاز می‌بایستی وجود منابع را روزهای دوشنبه تا جمعه چک نماید نه فقط در آخر هفته. بنابراین هر روز کاری یعنی هر روزی که منبع رادیواکتیو در حال کار است، نه هر روزی که شخص مجاز مشغول کار است.

ج) هر گروهی، از علائم اختصاری مربوط به خود پیروی می‌کند. البته این کار مفیدی است اما در ضمن می‌تواند به سوء تعبیر منجر گردد. در واحد جدیدی گروه مسئول انجام پروژه بایستی ذخیره‌ی اولیه‌ی مواد را سفارش می‌دادند. یکی از افراد گروه که از وی خواسته شده بود تا مقداری TEA سفارش دهد، چند بشکه تری اتیل آمین سفارش داد. او قبلاً در واحدی که تری اتیل آمین مصرفی در آن به TEA معروف بود کار کرده بود. مدیر واحد جدید، سفارش تهیه‌ی دائم تری اتانول آمین را داده، یعنی همان ماده‌ای که واقعاً مورد نیاز بود و در واحدی که او قبلاً کار می‌کرد آن‌را TEA می‌خواندند. اشتباه مزبور توسط یک انباردار هوشیار کشف گردید. بدین صورت که او به این مسئله پی برد که دو ماده‌ی مختلف با نام‌های مشابه برای واحد یکسانی فرستاده شده و پرسید که آیا واقعاً هر دو ماده مورد نیاز است یا خیر.

در سایر موارد ماده‌ای به دلیل از قلم افتادن پیشوندهای چون n یا Iso به اشتباه تحویل داده شده است.

چ) در طول راه‌اندازی یک واحد، به یک سرعت کم برای پمپاژ نیاز بود. از این‌رو طراح، یک خط Kick-Back (پس‌زن) نصب نمود. بنا به دلایل نامعلومی این خط مورد استفاده قرار نگرفت. شاید به این دلیل که حتی در صورت استفاده از پس‌زن، کار با سرعت پایین پمپاژ امکان‌پذیر نبوده و بجای آن اپراتورها با خاموش و روشن کردن پمپ، سطح مخزن مکش را کنترل نمودند. اپراتور اتاق کنترل سطح مایع را مشاهده نموده و با بلندگویی از اپراتورهای بیرون از اتاق خواست تا در صورت لزوم پمپ را خاموش و روشن نمایند. دو اپراتور بیرون از اتاق کنترل به صورت گروهی کار می‌کردند. هر دو نفر قادر به انجام هرکاری بودند و کارهای مشابهی را انجام می‌دادند.

روزی اپراتور اتاق کنترل از آنان خواست تا پمپ را خاموش نماید. هر دو اپراتور از محل فاصله داشتند. هر یک از آنها تصور نمود که دیگری نزدیکتر به پمپ بوده و آنرا خاموش خواهد نمود. هیچ‌کدام آنرا خاموش نکردند، مخزن مکش از مایع خالی شده و در نتیجه پمپ بیش از حد گرم گردیده و آتش گرفت.

یک کار گروهی که در آن هر کسی قادر به انجام یک کار معین است می‌تواند به سادگی به وضعیتی منجر گردد که در آن وضعیت هیچکس کار محول شده به خود را انجام نمی‌دهد.

[1] Ionizing Radiation

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

17-6: کار روی دریچه‌های آدم‌رو سرباز

روال کاری در یک واحد این بود که برای اضافه نمودن یک ماده‌ی جامد به یک مخزن حاوی تولوئن گرم واقع در داخل یک ساختمان، سرپوش دریچه‌ی آدم‌روی مخزن برداشته شود. تغییر در ترکیب ذخیره‌ی خوراک که با آنالیز مشخص نشده بود منجر به تولید بیش از حد معمول بخار و کشته شدن یک اپراتور گردید. بعدها معلوم گردید که سیستم تهویه، ضعیف طراحی شده، به طرز بدی نصب گردیده و به نحو مؤثری اصلاح نشده است. به علاوه به نظر می‌رسید که تعمیر و نگهداری زمان‌بندی شده‌ای برای سیستم تهویه که بعدها در شرایط نامطلوبی قرار گرفت، در نظر گرفته نشده است.

کار روی دریچه‌های آدم‌رو سرباز یا وجود بخارات سمی و قابل اشتعال صحیح نیست. در بخش 4-3-3 (الف) حادثه‌ی دیگری توضیح داده شده است.

در هر زمان ممکن عملیات بایستی در هوای آزاد یا ساختمان‌هایی که از اطراف باز هستند انجام پذیرد. اگر در ساختمان‌های بسته احتمال نشت بخارات و گازها وجود داشته باشد بایستی در آنها آشکارسازهای گاز نصب گردند.

بسیاری از سیستم‌های تهویه، بخشی از تجهیزات حفاظتی واحد به شمار می‌آیند (به فصل 14 مراجعه نمایید) و بایستی آنها را مانند کلیه‌ی تجهیزات حفاظتی به طور منظم بر اساس برنامه‌ها و استانداردهای کاری توافق شده تست نمود.

Refrence:

1. G. C. Vincent and C. W. Gent, Armzonia Plant Safety, Vol. 20, 1978, 2. Chemical Safety Sumnzary No. 19

2. Chemical Industries Association, London, Oct./Dec. 1977.

3. Case Histories of Accidents in the Chemical Inclustry, No. 1807, Manufacturing Chemists Association, Washington, D.C.. Apr. 1975.

4. R. Stevens, Plant/Operations Progress, Vol. 4, No. 2, Apr. 1985, p. 68.

5. Loss Prevention Bulletin, No. 097, Feb. 1991, p. 9.

6. B. Eyre, Atom, No. 407, Oct. 1990, p. 11.

7. DOE Quality 4lert, Bulletin No. DOE/EH-0266. U.S. Dept. of Energy, Washington, D.C., Aug. 1992.

8. Loss Preet'ention Biilletirz, No. 089, Oct. 1989, p. 27.

9. Health and Safeh at Mbrk, Vol. 14, No. 6, June 1990, p. 4. p. 22.

http://mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

فصل هیجدهم

جریان‌های معکوس و سایر انحرافات پیش‌بینی نشده

در این فصل برخی حوادث ناشی از انحرافات از طرح اولیه که در دیاگرام جریان فرایندی[1] (که به عنوان دیاگرام خطی یا دیاگرام ابزاردقیق و فرایند نیز شناخته می‌شود) توضیح داده شده است. در طول طراحی این حقیقت که انحرافات مزبور می‌توانسته‌اند به وقوع بپیوندند و عاقب ناگوار و پیش‌بینی نشده‌ای داشته باشند، تشخصی داده نشده بود. در بخش 7-18 روش‌های تشخیص این انحرافات به کمک مطالعات قابلیت عملکرد و خطر[2] بحث شده است.

در فصل دوم خطاهایی که در طول تغییرات رخ می‌دهند، توضیح داده شده، در حالیکه طراحی‌هایی که موقعیت اشتباه کردن را برای اپراتورها فراهم می‌آورند در فصل سوم مورد بحث قرار گرفته است.

چنانچه در مرجع شماره 1 توضیح داده شده، یکی از متداول‌ترین خطاها در مرحله‌ی نمودار جریان فرایند عبارت است کوتاهی در پیش‌بینی اینکه ممکن است جریان مواد در جهت عکس آنچه مورد نظر است برقرار شود.

18-1: جریان معکوس از یک دریافت‌کننده‌ی محصول یا برگشت خط تخلیه به واحد

الف) به دلیل جریان یافتن گاز از یک گیرنده‌ی محصول به واحدی که خاموش‌بوده و فشار در آن کاهش یافته بود حوادثی رخ داده است. در یکی از این حوادث، آمونیاک از یک مخزن ذخیره‌سازی و از طریق یک شیر در حال نشت در جهت عکس جریان یافته و بعد از گذشتن از یک درام جریان برگشتی و یک برج تقطیر به انتهای باز یکی از خطوط واقع در زیر برج تقطیر که جهت تعمیر بازگذارده شده بود، منتهی گردید (شکل 1-18).

همچنانکه در بخش 1-1 توضیح داده شد، اگر احتمال جریان معکوس پیش‌بینی شده بود، آن‌وقت یک صفحه‌ی لغزنده در خطی که به مخزن ذخیره‌سازی آمونیاک منتهی می‌گردید، نصب می‌گشت.

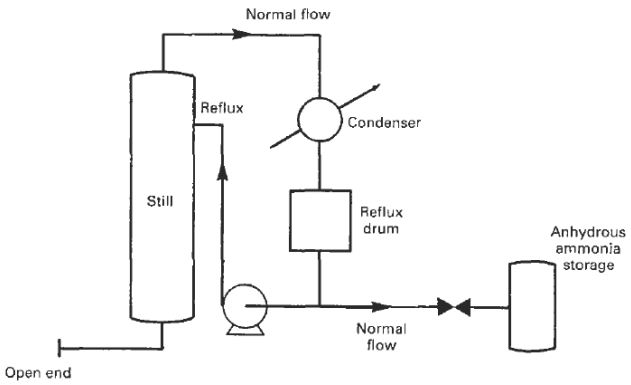
ب) درحادثه‌ای دیگر، گاز سمی موجود در لوله‌ی اصلی تخلیه از میان یک شیر تخلیه‌ی در حال نشت به داخل یک برج جریان یافته و از شیر تخلیه خارج گشت.

در نتیجه اپراتوری که مشغول تخلیه‌ی برج بود، کشته شد (شکل 2-18).

پ) جریان معکوس به داخل مخازنی که جهت وارد شدن به آنها باز هستند، در بخش 3-11 (ث) و (ج) بحث شده است.

[1] Process flow diagram
[2] Hazop Studies (HAZOP: Hazard and Operability)

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 1-18: جریان معکوس از مخزن ذخیره‌سازی به یک انتهای باز

18-2: جریان معکوس به داخل لوله‌های اصلی سرویس

این حادثه زمانی رخ می‌دهد که فشار موجود در خط سرویس کمتر از حد معمول، یا فشار موجود در خط فرایند بیشتر از حد معمول باشد. بسیاری از واحدها حوادث زیر را تجربه نموده‌اند:

1) یک خط بخار آب پس از تخلیه شدن در قسمت بیرون از یخ پوشیده شده و گاز مایع به داخل آن نشت کرده بود.

2) گاز نشت شده در خط حامل نیتروژن آتش گرفت.

3) رنگ در کابینی که توسط گاز نیتروژن تحت فشار قرار گرفته بود، حل گردید زیرا استن به داخل نیتروژن نشت نموده بود [2].

4) یک خط هوای فشرده توسط فنل مسدود شده بود.

5) بخارات سمی موجود در یک سیستم بخار آب به مردی که در حال کار روی سیستم مزبور بود، آسیب رساند (به بخش 4-1-1 مراجعه نمایید).

حادثه‌ی دیگر در شکل (18-3) نشان داده شده است. هرگز نباید آب شهر را توسط شیلنگ یا رابط‌های دائمی به خطوط فرایند متصل نمود. در این مورد بایستی از یک مخزن جدا استفاده نمود.

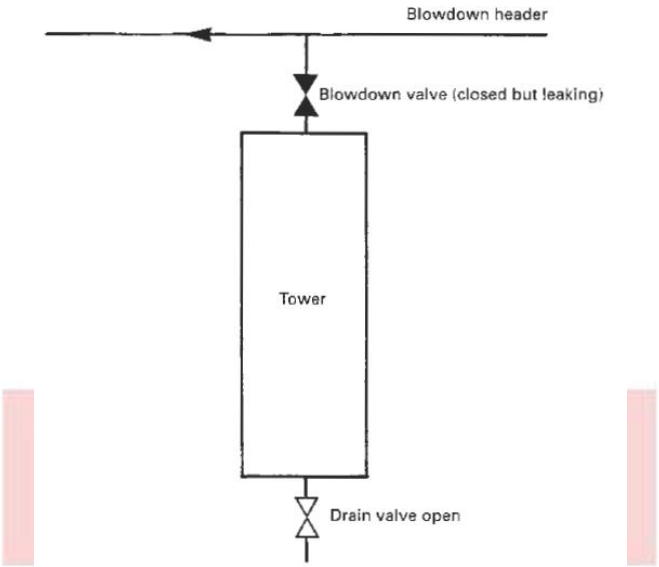
سرویسی که متناوباً مورد استفاده قرار می‌گیرد، بایستی توسط شیلنگی که هنگام استفاده نشدن جدا می‌شود یا شیرهای هواگیر[1] و شیرهای دوتوپی[2] به تجهیزات فرایند اتصال داده شوند.

در صورت استفاده از یک شیلنگ، بایستی آنرا به لوله‌ی تخلیه مجهز نمود، طوریکه بتوان قبل از جدا نمودن از فشار آن کاست. اگر سرویسی به طور پیوسته مورد استفاده قرارگیرد، می‌توان آنرا به صورت دائمی به خطوط فرایند متصل نمود.

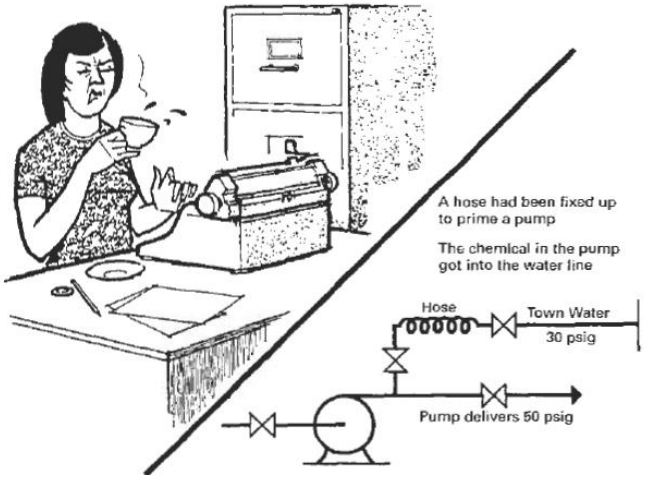
[1] Bleed Valve
[2] Double Block valve

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

اگر فشار سرویس مستعد افت تا زیر فشار نرمال فرایند باشد بایستی در خط سرویس یک آلارم فشار پایین[1] نصب نمود. اگر فشار فرایند مستعد افزایش تا بالای فشار نرمال سرویس باشد، بایستی در قسمت فرایند یک آلارم فشار[2] بالا کار گذاشت. به علاوه شیرهای یکطرفه بایستی در خطوط سرویس نصب شوند.



شکل 2-18: جریان از لوله‌ی اصلی تخلیه و به بیرون از شیر تخلیه مایع راه یافت.



شکل 3-18: هرگز آب شهر را به تجهیزات فرایند متصل نکنید.

[1] آلارم که به هنگام پایین آمدن فشار هشدار می‌دهد (مترجم).
[2] آلارم که به هنگام بالا رفتن فشار هشدار می‌دهد (مترجم).

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

18-3: جریان معکوس از میان پمپ‌ها

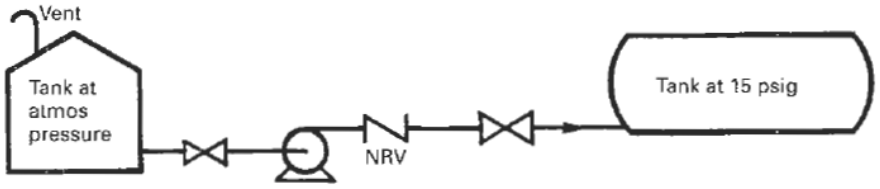
اگر پمپی قطع شود (یا خاموش شده و ایزوله نشود) می‌تواند توسط فشار موجود در خط تخلیه در جهت عکس بکار افتاده و خراب شود. برای جلوگیری از جریان معکوس، شیرهای یکطرفه نصب می‌شوند ولی این شیرها بعضی اوقات از کار می‌افتند.

هنگامی که عواقب جریان معکوس جدی باشد، بایستی شیر یکطرفه براساس یک برنامه‌ی زمان‌بندی منظم بازرسی شود. استفاده از دو شیر (ترجیحاً از دو نوع مختلف) به طور سری بایستی مد نظر باشد. ضمناً استفاده از قفل‌های دورانی معکوس نیز بایستی مورد توجه قرار گیرد.

زمانی که خطوط با بخار دادن یا دمیدن هوای فشرده و یا نیتروژن تخلیه می‌شوند، بایستی دقت نمود که پمپ‌ها با سرعت زیاد در جهت عکس (یا حتی در جهت عادی) عمل ننمایند، در غیر این صورت خراب می‌گردند.

در یک واحد، نفت سبک درفواصل زمانی معین از یک مخزن با فشار جو به مخزنی با فشار مانومتری 15 Psi (1بار) پمپ می‌گشت. تا چندین سال روال کار این بود که بجای بستن شیرهای جداکننده به شیر یکطرفه در روی خط پمپاژ اتکا می‌نمودند. روزی یک تکه سیم در داخل شیر یک طرفه گیر کرد، در نتیجه نفت به عقب جریان یافته و مخزنی که در فشار جو قرار داشت لبریز گردید (شکل 4-18).

این نمونه‌ای خوب از حادثه‌ای است که انتظار می‌رود به وقوع بپیوندد. دیر یا زود شیر یکطرفه محکوم به خرابی بوده و از این‌رو سرریزی اجتناب‌ناپذیر بود.



شکل 4-18: به شیر یکطرفه جهت جلوگیری از جریان برگشتی اکتفا شده بود و شیرهای جداکننده مورد استفاده قرار نگرفته بودند. در این حالت وقوع سرریزی حتمی بود.

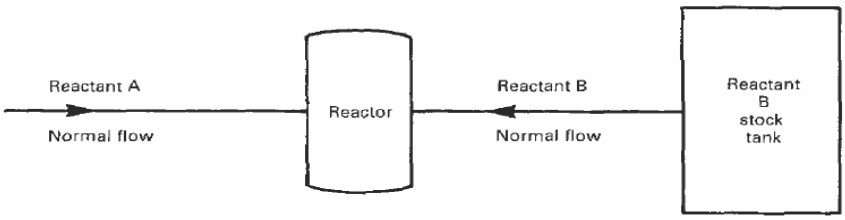
در این مرود خطا از ناحیه‌ی طراحی نبوده است. اپراتورها از فلسفه‌ی طراحی بی‌خبر بودند. آیا این مسئله در مطالعات قابلیت عملکرد و خطا (بخش 7-18) پیش‌بینی شده و آیا در آموزش اپراتور به این نکته، توجه خاصی شده بود؟

18-4: جریان معکوس از راکتورها

جدی‌ترین حوادث ناشی از جریان معکوس، هنگام عبور ماده‌ی واکنش‌گر[1] A (شکل 5-18) از راکتور بسوی خط تغذیه واکنش‌گر B رخ داده که در این حالت واکنش‌گر B شدیداً با A واکنش نموده است.

[1] مولکول‌هایی که با هم واکنش می‌دهند و مولکول‌های جدید (محصول) ایجاد می‌نمایند مثل واکنش: $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ که در آن HCl و NaOH واکنشکننده هستند.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 5-18: جریان معکوس واکنش‌گر A از راکتور به داخل مخزن ذخیره B

در حادثه‌ای پارافین جامد و کلر در فشار جو در حال انجام واکنش بودند. مقداری پارافین از راکتور به طرف خط تغذیه‌کننده‌ی کلر برگشته و با کلر مایع موجود در Catchpot ترکیب شده و در نتیجه انفجار شدیدی رخ داد. تکه‌های حاصل از انفجار در 30 متری محل واقعه یافت شدند[3].

حادثه‌ی جدی‌تر در واحدی که اکسید اتیلن و محلول آمونیاک برای تولید اتانول آمین[11] با یکدیگر ترکیب می‌شدند به وقوع پیوست. مقداری آمونیاک به داخل مخزن ذخیره‌سازی اکسید اتیلن برگشته و از چندین شیر یکطرفه که به طور سری به یکدیگر وصل شده بودند و یک پمپ با جابجایی مثبت عبور نمود. آمونیاک توسط شیر اطمینانی که به داخل خط مکش پمپ، تخلیه می‌گشت، از پمپ عبور نمود. آمونیاک با سی متر مکعب اکسید اتیلن موجود در مخزن ذخیره سازی ترکیب گردید. انفجار ابر بخار به دنبال متلاشی شدن مخزن باعث ایجاد خسارت و تخریب در منطقه‌ی وسیعی شد[4].

هنگامی که چنین واکنش‌های شدیدی می‌توانند رخ دهند، تکیه بر شیرهای یکطرفه کافی نیست. علاوه بر این:

1- واکنش‌گرها بایستی در داخل یک مخزن میانی کوچک با هم ترکیب شوند، طوریکه اگر جریان معکوسی رخ دهد، فقط مقدار کمی از دو ماده با هم واکنش نشان دهند نه ذخیره‌ی اصلی از مواد یا:

2- بایستی افت فشار در خط لوله اندازه‌گیری شود و در صورت بسیار پایین آمدن فشار، یک شیر قطع‌کننده بایستی به طور خودکار بسته شود. در اینجا ممکن است به یک سیستم بسیار مطمئن مشابه نیاز باشد[5].

18-5: جریان معکوس از لوله‌های تخلیه‌ی مایع

این مسئله اغلب باعث می‌شود تا مایعات قابل اشتعال در برخی از جاهای غیر منتظره مشاهده شوند. برای مثال: در نزدیکی محوطه‌ی مخازن کوچک بایستی عملیات نصب و ساختمان انجام می‌گرفت. جرقه‌های حاصل از جوشکاری می‌توانستند به داخل محوطه بیوفتند. بنابراین کلیه‌ی مایعات قابل اشتعال حین انجام عملیات نصب و ساختمان از مخازن خارج شده بودند. با این وجود یک آتش‌سوزی کوچک در محوطه رخ داد.

[11] Ethanolamine

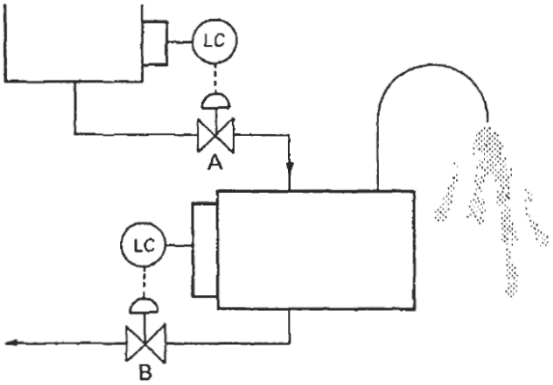
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

آب از مخزنی که در قسمت دیگر واحد قرار داشت، در حال تخلیه بود. جریان آب برای ظرفیت لوله‌های تخلیه‌ی آب بسیار زیاد بود، طوریکه آب به درون محوطه‌ی مخازن کوچک برگشته و مقداری نفت سبک با خود به همراه آورد و همین نفت بود که توسط جرقه‌های جوشکاری مشتعل گردید.

18-6: سایر انحرافات

الف) شکل (18-6) بخشی از یک واحد قدیمی را نشان می‌دهد. شیر A می‌توانست نسبت به شیر B جریان بیشتری را از خود عبور دهد. سرانجام مخزن پایین‌تر به طور اجتناب‌ناپذیری لبریز گشت.

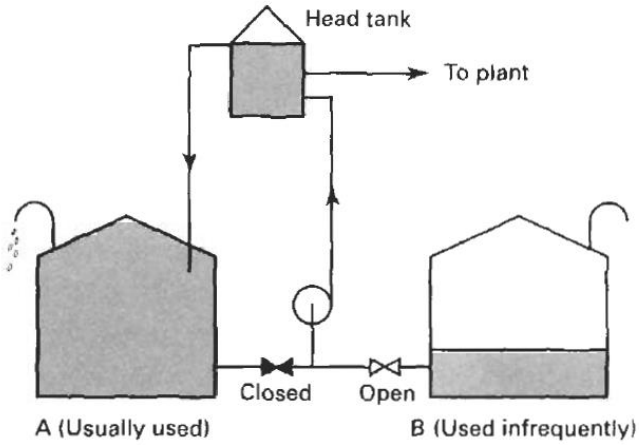
ب) ماده‌ی خام از دو مخزن ذخیره‌ی A و B به واحدی تغذیه گردید. مخزن A معمولاً مورد استفاده قرار می‌گرفت و از B بندرت استفاده نمی‌گشت. همچنانکه در شکل (18-7) نشان داده شده، ماده‌ی خام به یک مخزن بالایی که ماده‌ی مازاد از آن برگشت پیدا می‌کرد پمپ می‌گردید. از این سیستم تا چندین سال قبل از وقوع آن حادثه‌ی اجتناب ناپذیر استفاده می‌گشت. مخزن B مورد استفاده قرار داشت و مخزن A پر بوده و در نتیجه، جریان از مخزن بالایی موجب لبریز شدن مخزن A گردید.



شکل 18-6: شیر A توانست به شیر B مقدار بیشتری مایع از خود عبور دهد. در این حالت وقوع سرریزی حتمی بود

پ) قیفی در زیر نقطه‌ی نمونه‌برداری نصب گردید به طوریکه مایع اضافی به هدر نرفته بلکه به خط فرایند برگردانده می‌گشت (شکل 18-8). اگر نمونه‌برداری هنگامی صورت گیرد که مخزن در حال تخلیه باشد، چه اتفاقی خواهد افتاد؟ ممکن است خطاهای طراحی در این مورد کاملاً مشخص باشند، اما نمودارها طوری رسم شده‌اند که خطاها را به وضوح نشان دهند. در اصل آنها در بین جزئیات یک نقشه درهم و برهم گم شده بودند. به منظور پدیدار شدن اشتباهات، نمودارهای خطی همچنانکه که در بخش بعدی آمده، خط به خط به طور سیستماتیک دنبال می‌شوند.

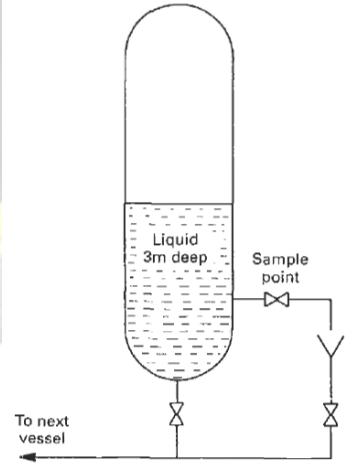
http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com



شکل 7-18: اگر مخزن A پر باشد و مکش از مخزن B صورت گیرد، مخزن A لبریز خواهد گشت

18-7: روشی جهت پیش‌بینی انحرافات

اگر در مورد طرح، مطالعه‌ی قابلیت عملکرد و خطر (HAZOP) انجام شده بود، حوادثی که قبلاً در این فصل آورده شده و بسیاری از حوادث دیگر قابل پیش‌بینی بودند. این روشی است که به افراد امکان می‌دهد تا قوه‌ی تخیل خود را آزاد نموده و به کلیه‌ی راه‌های موجودی فکر نمایند که ممکن است مسائل اجرایی یا خطر به همراه داشته باشند. اما به منظور کاهش احتمال فراموش شدن یک مورد، HAZOP به طور سیستماتیک انجام شده، هر خط لوله و هر نوع خطر به نوبه‌ی خود در نظر گرفته می‌شود.



شکل 8-18: در صورت تخلیه‌ی مخزن تحت فشار حین نمونه برداری چه اتفاقی خواهد افتاد؟

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

برای چنین هدفی، یک خط لوله عامل اتصال دو بخش اصلی واحد به شمار می‌رود. برای مثال ممکن است با خط لوله‌ای شروع نماییم که از طریق پمپ تغذیه از مخزن تغذیه‌ای به اولین هیتر تغذیه منتهی می‌شود. یک سری از واژه‌های راهنما در جای خود در مورد این خط بکار می‌روند از جمله:

برای مثال NONE یا هیچ یعنی هنگامی که بایستی جریان به سمت جلو یا در جهت برعکس باشد، هیچ جریانی به جلو یا جهت عکس وجود ندارد. ما می‌پرسیم: آیا می‌تواند اینجا جریانی وجود نداشته باشد؟

None	هیچ
More of	بیشتر
Less of	کمتر
Part of	قسمتی از
More than	بیشتر از
Other	دیگر

در صورت مثبت بودن پاسخ، ای جریان چگونه ایجاد شده است؟
نبودن جریان چه عواقبی در پی دارد؟
چگونه اپراتور از نبودن جریان مطلع خواهند شد؟

آیا عواقب آن خطرناک خواهد بود و آیا آنها مانع عملیات به طور مؤثر می‌شوند؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، آیا می‌توان با تغییر طرح یا روش عملیات مانع به وجود آمدن این وضع شد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، آیا میزان خطرات یا مسئله بوجود آمده هزینه اضافی را توجیه می‌نمایند؟

همین سؤال‌ها در مورد جریان معکوس نیز مطرح می‌شوند و از این‌رو ما به سراغ واژه‌ی راهنمای بعدی More of بیشتر می‌رویم. آیا جریانی بیشتر از آنچه در طرح در نظر گرفته شده می‌تواند وجود داشته باشد؟ در صورت پاسخ مثبت این حالت چگونه پدید می‌آید؟ همین سؤالات در مورد فشار بیشتر و دمای بیشتر و در صورت اهمیت داشتن در مورد سایر پارامترها از جمله رادیواکتیویته‌ی بیشتر یا وسیکوزیته‌ی بیشتر (چسبندگی مولکولی) مطرح می‌شود. تکنیک مزبور در مراجع شماره 5 الی 10 توضیح داده شده است.

18-8: مطالعه‌ی قابلیت عملکرد و خطر (HAZOP) برای تانکرها

HAZOP عمدتاً برای واحدهای ثابت بکار برده می‌شود اما کاربرد این تکنیک در مورد تانکرهای مورد استفاده جهت عمل آمونیاک خشک و دی‌اکسید کربن مایع، شماری از خطرات را آشکار می‌نماید[11].

18-8-1: زیادی فشار

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

استفاده از این واژه راهنما این حقیقت را بیان می‌کند که در صورت وجود یک نشتی در خط تغذیه کننده‌ی مایع، راهی برای جلوگیری از برگشت محتویات تانکر به خط مزبور و وارد شدن آن به محیط بیرون وجود ندارد، مگر اینکه مقدار نشت آنقدر زیاد باشد که شیر جریان مازاد روی تانکر عمل کند. این مسئله رخ نخواهد داد مگر اینکه جریان 1/5 تا 2 برابر جریان نرمال باشد. یک شیر اضطراری جداکننده‌ی از راه دور مانع برقرار شدن جریان به بیرون از واحد می‌شود. از این‌رو تصمیم‌گرفته شد تا سیلندرهای هوای فشرده را روی تانکرها نصب کنند تا شیرهای داخلی آنها عمل نمایند. سیلندرها به سیستم شیر اضطراری واحد متصل بودند به طوریکه هنگام بکار افتادن آن سیستم، شیرهای اضطراری روی تانکر نیز بسته شدند. از دیگر مزایای آن این است که اگر تانکر حین پرشدن حرکت نماید، شیرهای داخلی نیز بسته می‌شوند.

تانکرها مانند آنچه در اروپا برای مایعات سمی متداول است مجهز به شیرهای اطمینان نبودند. مطالعه بعدها نشان داد که واحد برای فشاری بیشتر از فشار داخل تانکر طراحی شده است و تانکرها در شرایط خاصی می‌توانسته‌اند تحت فشار زیاد قرار گیرند. در نتیجه اصلاحاتی در این مورد صورت پذیرفت.

18-8-2: کمی دما

برخی از تانکرهای قدیمی‌تر از درجه‌ای از فولاد که در دماهای پایین شکننده هستند، ساخته شده و این نوع فولاد را هرگز در دمای زیر صفر درجه‌ی سانتی‌گراد حرکت نمی‌دهند. کشف گردید که بسیاری از مشتریان خواهان این بوده‌اند که دی‌اکسید کربن مایع در فشاری کمتر از فشار معمول تحویل داده شود و برنامه بایستی طوری ترتیب داده می‌شد که آنها فقط با تانکرهای منتخب عرضه گردند. کلیه‌ی تانکرهای جدید قادرند در برابر پایین‌ترین دمایی که امکان ایجاد آن وجود دارد، مقاومت نمایند.

18-8-3: بیشتر از

برخی از مشتریان شکایت کرده‌اند که در آمونیاک خریداری شده توسط آنها اکسیژن وجود داشته است. کاشف به عمل آمد که بخش تعمیرات حمل و نقل جاده‌ای با شستشو دادن مخازن با آب، آنها را جهت تعمیر آماده کرده و سپس مخازن را به واحد پر از هوا بازگردانده‌اند. اکسیژن قادر است خوردگی ناشی از استرس و در نهایت ترک خوردگی ایجاد نماید. بنابراین ترتیباتی جهت دادن مسئولیت آماده‌سازی تانکرها به منظور تعمیر به کارکنان کارخانه اتخاذ گردید.

Refren**c:**

1. T. A. Kletz, *Hydrocarbon Processing*, Vol. 55, No. 3, Mac 1976,

2. T. A. Kletz, *Learning from Accidents*, 2nd edition, Bulterworth- Ti. D. B. de Oliveria, *Hydrocarbon Processing*, Vol. *52*, No. 3, Mar.

3. Case Histories of Accidents in the Chemical Inclustry, No. 1807, Manufacturing Chemists Association, Washington, D.C.. Apr. 1975.

4. R. Stevens, Plant/Operations Progress, Vol. 4, No. 2, Apr. 1985, p. 68.

http://mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

5. Loss Prevention Bulletin, No. 097, Feb. 1991, p. 9.
6. B. Eyre, Atom, No. 407, Oct. 1990, p. 11.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل نوزدهم

نمی‌دانستم که...

در این فصل حوادثی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد که اغلب به دلیل عدم آگاهی افراد از بروز مکرر این حوادث در گذشته، به وقوع پیوسته‌اند.

19-1: آمونیاک می‌تواند منفجر شود

در گزارش‌های مربوط به انفجار آمونیاک، نویسندگان اغلب می‌دانند که قابلیت انفجار آمونیاک آنان را تا حدی متحیر ساخته است. برای مثال، از دستگاه خنک‌کننده‌ی یک کارخانه‌ی بستنی‌سازی در Houston تگزاس آمونیاک نشت کرده و مشتعل گردید و ساختمان واحد را با خاک یکسان نمود. عامل اشتعال شناسایی نگردید اما منابع احتمالی متعددی وجود داشت. سرپرست گروه مقابله با مواد خطرناک بخش آتش‌نشانی Houston می‌نویسد:

"اعتقاد بر این بوده که خطر آمونیاک متوجه سلامتی انسان‌هاست و هرگز به قابلیت اشتعال آمونیاک فکر نشده، از میان متصدیان مجرب و با سابقه‌ی دستگاه خنک‌کننده، کمتر کسی را می‌توان یافت که انفجار آمونیاک را بار نماید"[1].

حادثه‌ی دیگر در کشور برزیل روی داد. قرار بود سقف یک مخزن محلول آمونیاک جوشکاری شود. مخزن تخلیه شده بود ولی گاز درون آن آزاد نشده بود. زمانی که جوشکار مشعل جوشکاری را به سقف نزدیک نمود، مخزن منفجر گردید. در این حادثه جوشکار زنده ماند ولی برای همیشه معلول گردید.

از آنجایی که حد پایین انفجار آمونیاک فوق‌العاده بالاست (16٪)، انفجار آن چندان متداول نیست. حد بالای انفجار آمونیاک 25٪ است. حد معمول برای هیدروکربن‌ها عبارت است از: پروپان 2 الی 9/5 درصد و سیکلوهگزان 1/3 الی 8/3 درصد، به علاوه درجه حرارت خود اشتعالی آمونیاک حدود 650 درجه‌ی سانتی‌گراد است که در مقایسه با پروپان که 480 درجه‌ی سانتی‌گراد و سیکلوهگزان که 270 درجه است، بالا می‌باشد. برای همین آمونیاک سخت‌تر مشتعل می‌شود. از این‌رو می‌توان گفت که در حادثه‌ی تگزاس و برزیل غفلت دست‌اندرکاران زیاد قابل توجیه نیست، زیرا انفجار آمونیاک هرازگاهی رخ داده و قابلیت انفجار آن از سال 1914 شناخته شده است[2]. Balddock در مقاله‌ای که در سال 1979 در Houston به چاپ رسید، اظهار داشت انفجاراتی در اثر نشت آمونیاک روی داده، با این وجود در برخی از حوادث گزارش شده عامل انفجار به هیچ‌وجه نمی‌تواند آمونیاک بوده باشد. او جزئیات بیشتری ارائه نداده و می‌افزاید، زمانی که میزان آمونیاک- هوا بسیار افزایش یافت، در مخازن محلول آمونیاک 11 انفجار و در کارخانه‌های اسید نیتریک انفجارات متعدد دیگری روی داده است[3].

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

در سال 1968 انفجاری در کارخانه سوسیس‌سازی شیکاگو به وقوع پیوست و در این حادثه ساختمان کارخانه با خاک یکسان شده و 9 تن کشته و 72 نفر مجروح برجای گذاشته شد. چهارتن از کشته‌شدگان را اعضای آتش‌نشانی تشکیل می‌دادند. حادثه با برخورد یک تانکر نفت به یک مانع آغاز گردید. نفت به داخل زیرزمین نشت نمود و آتش گرفت. آتش‌سوزی مزبور باعث گرم شدن سیلندر سیصد پوندی آمونیاک گردید که محتویات خود را توسط یک دستگاه اطمینان تخلیه می‌کرد. آمونیاک به روی سطح زمین و ناحیه‌ای که در بالای آن منفجر گردید، آمد[2]. چنین فرض گشت که چون حد پایین انفجار آمونیاک بالاست، آمونیاک توانسته بدون مشتعل شدن از منطقه‌ی آتش‌سوزی بگذارد و سپس در فضای بسته‌ای انباشته شود تا غلظت به 16٪ برسد.

خلاصه‌ی گزارش‌های پیرامون موارد متعدد دیگر انفجار و آتش‌سوزی آمونیاک در نشریات درج شده‌اند:

- انفجار سال 1976 که در جریان آن یک کارخانه‌ی برودت‌سازی واقع در هگزام انگلستان ویران گردید[4].
- آتش‌سوزی سال 1977 در لیاندارسی Liandarcy واقع در ویلز جنوبی Wates در اثر نشت شیرهای آمونیاک[5].
- آتش‌سوزی و انفجار سال 1978 در یک سردخانه‌ی متروک واقع در ناحیه‌ی South Wark لندن[6].

یکی از مشخصه‌های انفجار آمونیاک این است که اگر نشت آمونیاک پس از وقوع انفجار به بیرون ادامه پیدا کند، احتمال دارد که نسوزد، زیرا ممکن است میزان غلظت خیلی پایین باشد. تا آنجایی که من اطلاع دارم آمونیاک هرگز در هوای باز منفجر نمی‌شود و تردید دارم که غلظت آمونیاک در فضای باز بتواند به 16 درصد برسد.

برای جلوگیری از انفجار آمونیاک چه می‌توان انجام داد؟ روش‌های جلوگیری از انفجار آمونیاک شباهت زیادی به روش‌هایی دارد که برای جلوگیری از انفجار سایر گازهای قابل اشتعال بکار برده می‌شود، یعنی:

1- حتی المقدور سعی نمایید از دستگاه‌هایی با طرح و ساختمان بی‌عیب و نقص استفاده کنید. (کارخانه‌ی بستنی‌سازی Houston طبق استانداردهای جدید و امروزی ساخته نشده بود اما از کارخانه‌های قبلی مدرن‌تر بود).

2- سعی نمایید بجای آمونیاک از مواد سرمازای غیر قابل اشتعال استفاده نمایید.

3- اگر آمونیاک مورد استفاده قرار می‌گیرد، تهویه بایستی به میزان مناسب صورت پذیرد. لازم نمی‌باشد سیستم تهویه آنقدر خوب باشد تا از رسیدن غلظت آمونیاک به 16 درصد جوگیری نماید.

4- پیش از استفاده از یک منبع اشتعال در فضای حاوی آمونیاک، فضا را از گاز تخلیه و آن‌را تست نمایید.

19-2: آزمایشات فشار هیدرولیکی می‌تواند خطرناک باشد

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

از آنجایی که آب قابل تراکم نیست، آزمایشات فشار هیدرولیکی غالباً مطمئن و بی‌خطر است. اگر مخزن منفجر شود، تکه‌های متلاشی شده بجای چندان دوری پرت نخواند گشت.

آزمایش فشار هیدرولیک بی‌خطرتر از آزمایشات نیوماتیک است زیرا اگر انفجاری رخ دهد، انرژی کمتری آزاد خواهد شد. با این وجود حوادث تماشایی در حین انجام آزمایشات هیدرولیکی رخ داده است. در سال 1965 یک مخزن بزرگ فشار (با 16 متر طول و 1/7 متر قطر) که برای عملیاتی با فشار مانومتری (350 بار) طراحی شده بود، حین انجام تست فشار در محل تولید منفجر گردید. انفجار مزبور که باعث شکستن مخزن گشت، در فشار مانومتری 345 بار رخ داده و در اثر آن چهار تکه‌ی بزرگ از مخزن به بیرون پرتاب گردید. تکه‌ای که دو تن وزن داشت دیوار کارگاه را سوراخ نمود و پنجاه متر آن طرف‌تر افتاد. خوشبختانه این حادثه تلفات ناچیزی به دنبال داشت. این واقعه در فصل زمستان روی داد و در گزارش مزبور توصیه شده است که آزمایشات فشار بایستی در دمایی بالاتر از دمای گذار از حالت چکش‌خواری به حالت شکنندگی مربوط به نوع فولادی که استفاده می‌شود، صورت گیرد. همچنین در این گزارش آمده است که مخزن مزبور در دمای بسیار پایین استرس زدائی شده بود[7]. حادثه‌ی مشابه دیگری در مرجع شماره‌ی 8 توضیح داده شده که تعمیرات و اصلاحات غیر استاندارد از عوامل بروز این حادثه بوده است.

هنگام انفجار آزمایشات فشار به خاطر داشته باشید که دستگاه ممکن است منفجر شود. از این‌رو رعایت موارد احتیاط مطابق با شرایط موجود امری الزامی می‌باشد. اگر از عدم انفجار وسایل مطمئن باشیم، دیگر انجام تست و آزمایش چندان ضروری به نظر نمی‌رسد. به بخش 8-14 مراجعه نمایید و نیز به خاطر داشته باشید که در صورت خیلی پایین بودن دما دستگاه ممکن است به دلیل فشار ناشی از مواد فرایندی در خط تولید منفجر گردد[8]. مخزنی که بدین طریق منفجر شود نمی‌شناسم ولی دیسک‌های اطمینان به دلیل سرد شدن زیاد منفجر شده‌اند.

19-3: موتورهای دیزلی باعث اشتعال مواد نشت یافته می‌شوند

اغلب کمپانی‌ها ورود موتورهای گازوئیلی را که سوخت در آنها با جرقه مشتعل می‌شود به محوطه‌هایی که در آنها با گازها یا مایعات قابل اشتعال سر و کار دارند ممنوع ساخته‌اند، به استثنای مواردی که تحت کنترل شدید باشند. زیرا گاز یا بخار نشت یافته با جرقه‌ی ناشی از سیستم جرقه‌ساز مشتعل می‌شود. با این حال بسیاری از شرکت‌ها به خیال اینکه بخار یا گاز نمی‌تواند با جرقه مشتعل شود، ورود موتورهای دیزلی را کنترل نمی‌کنند. حادثه‌ی زیر نشان می‌دهد که این کار درستی نیست.

حین انجام تعمیرات چهار تن هیدروکربن قابل اشتعال و گرم به بیرون از یک کارخانه نشت نمود. یک موتور دیزلی در محوطه مشغول کار بود. بخار هیدروکربن به درون منبع سوخت که روشی متداول برای متوقف ساختن موتورهای دیزلی است، موتور را از حرکت باز دارد. اما به کمک این روش موفق به از کار انداختن موتور نشد. زیرا سوخت از راه ورودی هوا به موتور رسید. ناگهان جرقه‌ای زده شد و هیدروکربن آتش گرفت. در این حادثه دو نفر کشته شدند[9].

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

حادثه‌ی دیگر زمانی رخ داد که یک تانکر به زیر یک اهرم بارگیری که گازوئیل از آن در حال نشت بود حرکت می‌نمود. موتور دور گرفته و دود سیاه رنگی از آن خارج گردید. اما خوشبختانه آتش‌سوزی به وقوع نپیوست[10].

دستگاه‌های اختصاصی در دسترس هستند که منبع هوا را مانند منبع سوخت برای محافظت از موتورهای دیزلی مشغول کار در محوطه‌هایی که امکان نشت بخار با گاز قابل اشتعال در آنها وجود دارد، می‌بندند[11]. در هر حال موتورهای دیزلی به طرق دیگر باعث آتش‌گرفتن بخار یا گاز قابل اشتعال نشت شده، می‌شوند. جرقه و شعله می‌تواند از اگزوز خارج شود، لوله‌ی اگزوز برای اشتعال بخار به قدر کافی است و تجهیزات کمکی مثل دستگاه‌های برقی می‌تواند جرقه تولید نمایند. یکی از انفجارات به این دلیل روی داد که موتوری با استفاده از دستگاه کنترل‌کننده‌ی کاهش فشار (Decompression) از حرکت باز ایستاده بود. بنابراین جرقه‌گیرها و شعله خاموش‌کن‌ها بایستی به اگزوز نصب شوند و دمای آنها بایستی کمتر از دمای خود اشتعالی موادی باشد که مورد استفاده قرار می‌گیرند. دستگاه‌های برقی باید خوب محافظت شوند و اگر دستگاه کنترل‌کننده‌ی کاهش فشار نصب شده، باید آنرا از اگزوز جدا ساخت.

میزان حفاظت از موتور دیزل در هر مورد خاص به مدت زمان کارکرد آن و میزان نظارت اعمال شده بستگی دارد[12]. تانکرهایی که با خود جنس و کالا حمل می‌نمایند، به محافظت خاصی نیاز ندارند ولی نبایستی به آنها اجازه داد تا به محوطه‌ی کارخانه وارد شوند مگر اینکه شرایط مساعد بوده و احتمال نشتی وجود نداشته باشد. کارخانجات بایستی طوری طراحی شوند تا این خودروها در شرایط عادی مجبور نباشند به محوطه‌ای که حاوی گازها و مایعات قابل اشتعال است وارد شوند. یک پمپ دیزل که به طور دائم نصب شده یا موتور یدک‌کش که روزانه مورد استفاده قرار می‌گیرد نیاز به تعمیرات کامل دارد. یک حفاظت متوسط برای جرثقال‌ها یا پمپ‌هایی که گهگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، مناسب است. باید دستگاهی به آنها وصل شود که منبع هوا را ببندد و در هنگام کار موتور هرگز نباید آنها را به حال خود رها نمود. پمپ‌هایی که با هوای فشرده کار می‌کنند مطمئن‌تر از پمپ‌های دیزلی هستند. لوله‌های تخلیه و مجراهای فاضلاب پر به کمک تلمبه‌های فواره‌ای که یک منبع آب کار می‌کنند تخلیه می‌شوند.

خطر دیگر و کاملاً متفاوت موتورها دیزلی این است که یک حجم از هوا و بخار قابل اشتعال توسط یک ستون مایع در یک مخزن یا لوله محبوس شود. اگر فشار مایع افزایش یابد، هوا متراکم شده و گرمای ایجاد شده ممکن است باعث شود که دمای خود اشتعالی بالا رود [13].

Refence

1. M. H. NkRae, Plant/Operatioizs Progress, Vol. 6. No. 1, Jan. 1987,

2. Reis, Zeitschr$t Physikal. Cliein., Vol. 88, 1914, p. 513.

3. P. J. Baldock. Loss Prevention, Vol. 13, 1980, p. 35.

4. Norrliern Echo, Darlington, UK, May 15. 1976.

5. Lloyds List, London, June 20, 1977.

6. Lloyls List and The Times, London, Jan. 11, 1978.

7. British Weldirzg Research Associatioiz Bulletin, Vol. 7, Part 6, June 1966, p. 149.

http://mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

8. P. C. Snyder, .'Brittle Fracture of a High Pressure Heat Exchanger," Paper presented at AIChE Loss Prevention Symposium. Minneapolis. Aug. 1987. p. 17.
9. Chernical Age, Dec. 12, 1969, p. 40; and Jan. 9, 1970, p. 11.**2.** T. A. Kletz, *Learning from Accidents,* 2nd edition, Bulterworth- Ti. D. B. de Oliveria, *Hydrocarbon Processing,* Vol. *52*, No. 3, Mar.
10. Case Histories of Accidents in the Chemical Inclustry, No. 1807, Manufacturing Chemists Association, Washington, D.C.. Apr. 1975.
11. R. Stevens, Plant/Operations Progress, Vol. 4, No. 2, Apr. 1985, p. 68.
12. Loss Prevention Bulletin, No. 097, Feb. 1991, p. 9.
13. B. Eyre, Atom, No. 407, Oct. 1990, p. 11.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

فصل بیستم

مشکلاتی در رابطه با کنترل کامپیوتری

استفاده از کامپیوترها و میکروپروسسورها در کنترل فرایند همچنان رو به رشد است. بنابراین کسب تجربه از حوادثی که رخ داده اهمیت دارد. برخی از این حوادث در ذیل توضیح داده می‌شود:

20-1: خطاهای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری

بیشتر خطاهای نرم‌افزاری در سیستم‌های کنترل و اندازه‌گیری متصل به کامپیوتر به وقوع می‌پیوندد تا در خود سخت‌افزار کامپیوتر. اما خطاهای کامپیوتری هر از گاهی رخ می‌دهند. با نصب دستگاه‌های موسوم به «Warchdog» که اختلالات کامپیتوری را آشکار می‌سازند، می‌توان از تأثیرات این اختلالات کاست. با این وجود در یک مورد بواسطه‌ی اشتباه موجود در کارت Watchdog شیرها در زمان نامناسبی باز شده و چندین تن مایع داغ سرریز گردید[1].

خطاهای نرم‌افزاری می‌توانند در نرم‌افزار سیستم‌های همراه با کامپیوتر یا نرم‌افزار کاربردی نوشته شده برای یک کاربرد خاص رخ دهند. خطاهای نرم‌افزاری سیستم‌ها را می‌توان فقط با بکارگیری سیستم‌هایی که بخوبی آزمایش شده‌اند، کاست. ولی از آنجایی که که قلمرو کاری در حال تغییر است، استفاده از آن سیستم‌ها کار ساده‌ای نیست. خطاهای موجود در نرم‌افزارهای کاربردی را می‌توان با انجام آزمایشی جامع و کامل آشکار ساخت تا مطمئن گردید که برنامه در شرایط غیر عادی مانند حالت‌های عادی مطابق میل ما به طور صحیح رفتار می‌کند. خطاهای نرم‌افزاری می‌توانند مثل یک بمب ساعتی منتظر ترکیب خاصی از شرایط غیر معمول باشند تا منفجر شوند.

20-2: برخورد با کامپیوتر به عنوان یک جعبه‌ی سیاه

احتمالاً متداولترین منبع خطاها، برخورد با کامپیوتر به عنوان یک جعبه‌ی سیاه است، یعنی وسیله‌ای که کارهای مورد نظر ما را بدون نیاز به دانستن آنچه در آن می‌گذرد، انجام می‌دهد. می‌توان با انجام مطالعات مربوط به خطرات و قابلیت‌های عملکرد یک سیستم (HAZOP، به بخش 7-18 مراجعه نمایید) پیرامون دستورات داده شده به کامپیوتر و نیز خطوط فرایند از میان این خطاها کاست. حال بایستی از خود پرسید که کامپیوتر در مقابل کلیه‌ی اختلالات احتمالی (فقدان جریان، جریان معکوس، افزایش جریان، افزایش فشار، افزایش درجه‌ی حرارت و غیره) برای تمام حالت‌های اجرایی و همه‌ی مراحل فرایند Batch چگونه عمل می‌نماید. برنامه‌نویس بایستی یکی از اعضای گروه HAZOP باشد[1].

20-2-1: سرریزی یک سیستم پیچیده

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

یک پمپ و چند خط لوله برای موارد مختلف و گوناگونی بکار برده شدند، مثل: انتقال متانول از یک تانکر به مخزن ذخیره‌سازی، تغذیه آن به واحد و بازگرداندن متانول بازیافت از واحد. یک کامپیوتر شیرهای متفاوتی را تنظیم نموده و موقعیت آنها را کنترل می‌کرد.

تانکری خالی گردید. پمپ که از پانل روشن شده بود، توسط یک کلید دستی (Local Button) بر روی آن خاموش گردید. اقدام بعدی عبارت بود از انتقال مقداری متانول از مخزن ذخیره‌سازی به واحد. کامپیوتر شیرها را تنظیم نموده بود ولی از آنجایی که پمپ به طور دستی خاموش شده بود، بایستی به طور دستی نیز روشن می‌گردید. وقتی عمل انتقال پایان یافت، کامپیوتر به پمپ فرمان خاموش شدن داد، ولی چون پمپ به طور دستی روشن شده بود، خاموش نگردیده و متانول سرریز گردید[2].

یک HAZOP کامل و جامع می‌توانست احتمال وجود چنین خطایی را پیش‌بینی نماید و از این طریق سیستم کنترل می‌توانست اصلاح گردد و یا بهتر اینکه خطوط لوله‌ی جداگانه‌ای برای کارهای مختلف نصب شود و بدین ترتیب احتمال بروز خطا تا حدود زیادی کاهش می‌یافت. این حادثه نشان می‌دهد که اگر سیستم دقیقاً تجزیه و تحلیل نشود، چگونه خطاهای ایجاد شده در سیستم‌های پیچیده به آسانی از نظر دور می‌مانند. علاوه بر این، حادثه‌ی مزبور این تناقض را نشان می‌دهد (همچنانکه در جای دیگر بحث شده) که ما بسیار مایلیم روی یک مورد پیچیده مبلغ گزافی صرف نماییم ولی کمتر به سرمایه‌گذاری روی موارد ساده تمایل داریم. با این همه راه حل ساده‌تر نصب این خطوط مستقل است که در این حادثه پس از سرریزی نصب شدند. با نصب این خطوط احتمال بروز خطا بسیار کاهش یافته و هزینه‌ی این اقدام با در نظر گرفتن هزینه‌های دائمی (هزینه‌ی عمری) بیشتر نخواهد بود. سیستم‌های کنترل به تست و نگهداری مستمر نیاز دارند که به نوبه‌ی خود هزینه‌ی عمری آنها را (حتی پس از کسر) تقریباً دو برابر می‌سازد، در حالیکه خطوط لوله‌ی اضافی هزینه‌های عملیاتی اضافی کمی را بر می‌گیرد.

20-1-2: سرریزی از یک فیلتر

حادثه‌ی دیگر در فیلتر فشاری رخ داد که توسط یک کامپیوتر کنترل می‌گردد. این کامپیوتر به مدت دو ساعت الکل صنعتی را درون فیلتر چرخاند. با افزایش میزان رسوب جامد بر روی فیلتر، افت فشار افزایش یافت. برای اندازه‌گیری افت فشار، کامپیوتر تعداد دفعات به حداکثر رسیدن فشار هوای موجود در فیلتر را در عرض پانزده دقیقه شمرد. به کامپیوتر گفته شده بود که اگر کمتر از پنج بار افزایش فشار لازم باشد، عمل فیلتراسیون (تصفیه) کامل بوده و کامپیوتر می‌تواند وارد مرحله‌ی بعدی یعنی نرم نمودن تفاله (Smoothing) گردد. اگر بیش از پنج بار افزایش فشار لازم بود، الکل صنعتی برای دو ساعت دیگر فیلتر می‌چرخید.

مقداری هوای فشرده به داخل فیلتر نشت نمود و کامپیوتر فکر کرد که عمل فیلتراسیون کامل شده است. کامپیوتر این مسئله را به اپراتور اعلام نموده و او درپوش فیلتر را باز نمود و در نتیجه‌ی کلیه محتویات فیلتر از جمله مایع و جامد بیرون ریخت.

اگر بخواهیم در مورد کامپیوتر یا در مورد برنامه‌نویس عادلانه قضاوت نماییم باید بگوییم که کامپیوتر تشخیص داده بود که اشتباهی در کار است (در طول نرم گشتن تفاله مصرف توان افزایش نیافته بود) و با

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

متوقف ساختن عملیات این حقیقت را اعلام کرده بود. ولی اپراتور به این علامت توجهی نکرد و یا اهمیت آن را نادیده گرفت[2].

باز هم احتمالاً مطالعات خطرات و قابلیت عملکردهای سیستم می‌توانست ضعف سیستم را در آشکارسازی افت فشار در تفاله نمایان سازد و تغییرات برای رفع آن ضعف انجام شود به ویژه مطلوب این بود که وسائلی را برای جلوگیری از باز شدن فیلتر به هنگام پر بودن آن فراهم کنند. بیشتر حوادث هنگامی رخ داده که اتوکلاوها (Autoclaves) یا سایر مخازن تحت فشار هنگامی که تحت فشار هنگامی که تحت فشار بودند، توسط اپراتور باز شده‌اند. به بخش‌های 5-13 و 1-17 مراجعه نمایید. باز نمودن مخازن به هنگامی که پر از مایع هستند فاجعه‌آمیز نیست ولی به اندازه‌ی کافی خطرناک است. در مرجع شماره 4 مورد دیگری توضیح داده شده است.

20-3: قضاوت نادرست در مورد نوع عکس‌العملی که اپراتورها خواهند داشت

این مسئله تقریباً به عنوان آخرین منبع خطا مطرح می‌شود. برای بهبود عامل ارتباط کامپیوتر با اپراتور دامنه‌ی وسیع‌تری وجود دارد. در زیر به برخی از حوادثی که رخ داده‌اند اشاره می‌شود.

الف) زمانی که برق قطع گردید، کامپیوتر لیست بلندی از علائم اخطار را چاپ نمود. اپراتور نمی‌دانست که چه چیز باعث این اختلال شده و کار را انجام نداد. بعد از چند دقیقه انفجاری به وقوع پیوست. بعد از این جریان طراح تصدیق نمود که به اپراتور بیش از اندازه اطلاعات داده است. ولی او از اپراتور پرسید که چرا بدترین وضعیت را در نظر نگرفته و واحد را از کار نیانداخته است. متأسفانه زمانی که به افراد بیش از حد اطلاعات داده می‌شود آنها تمایل به انجام هیچ‌کاری نشان نمی‌دهند. کامپیوتر کار بیش از حد اطلاعات دادن به افراد را راحت می‌نماید.

ب) به منظور کاهش احتمال وارد نمودن اطلاعات دستورالعمل‌های اشتباه توسط اپراتور، کامپیوتر معمولاً طوری برنامه‌ریزی می‌شود که وقتی دکمه‌ی Enter فشار داده شود، اطلاعات و دستورالعمل‌ها روی صفحه‌ی مانیتور ظاهر شوند تا اپراتور آنها را کنترل نموده و سپس دکمه‌ی Enter را مجدداً فشار دهد. بزودی اپراتورها عادت می‌نمایند که دکمه‌ی Enter را به سرعت دوبار پشت سر هم فشار دهند.

پ) کامپیوتری از مدار خارج شده بود، بنابراین امکان عوض نمودن برنامه وجود داشت. در آن زمان کامپیوتر در حال شمردن تعداد دورهای یک پمپ اندازه‌گیر که راکتور batch را تغذیه می‌نمود، بود. وقتی کامپیوتر مجدداً به مدار برگشت، شمارش را از همان زمان که از مدار خارج شده بود، ادامه داده و راکتور بیش از حد پر گردید.

20-4: سایر مسائل و مشکلات

در صنایع فرایند هیچ حادثه‌ای را نمی‌شناسم که به دلیل وارد نمودن اطلاعات غلط روی داده باشد، ولی طبق یک گزارش همین مسئله به سقوط یک هواپیما و کشته شدن 269 مسافر منجر شده است. در سال 1983روس‌ها یک هواپیمای کره‌ای را که از مسیر خارج گشته بود مورد هدف قرار دادند. طبق

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

مرجع شماره پنج، هواپیما از مسیر خارج شده، زیرا مهندس پرواز هنگام وارد نمودن ارتفاع پرواز هواپیما به داخل سیستم ناوبری داخلی دچار اشتباه شده بود.

در طی مطالعات HAZOP مربوط به واحدهایی که به وسیله‌ی کامپیوتر کنترل می‌شوند، بایستی عواقب ناشی از اشتباه وارد ساختن اطلاعات را مد نظر قرار دهند. کامپیوتر می‌تواند طوری برنامه‌ریزی شود که دستورالعمل‌های خارج از محدوده‌ی مشخص را رد کرده و یا مورد سؤال قرار دهد.

در صنایع فرایند حادثه‌ای را نمی‌شناسم که در نتیجه‌ی اطلاع ندادن تغییرات برنامه و اطلاعات به اپراتور رخ داده باشد ولی این مسئله نیز به سقوط یک هواپیما منجر گردید. در سال 1979 یک هواپیمای زلاندلو در حال انجام یک تور سیاحتی بر فراز Antarctia با کوه برخورد کرده و در نتیجه 257 تن کشته بر جای گذاشته است. بدون اطلاع خدمه، مختصات نقطه‌ی مقصد دو درجه به شرق منحرف شده بود. سیستم ناوبری داخلی، هواپیمای مزبور را که با ارتفاع کمی در حال پرواز بود تا مسافران بتوانند منظره را ببینند در امتداد دره‌ای که به یک صخره منتهی می‌گشت هدایت نمود. این دره بسیار شبیه دره‌ای بود که خدمه انتظار داشتند آن را دنبال نمایند ولی آنان نمی‌دانستند که در موقعیت اشتباهی قرار دارند[7].

کامپیوترها به ما منابع جدید خطا را معرفی نمی‌کنند بلکه ایجاد خطاهای قدیمی فرصت‌های تازه‌ای در اختیار ما قرار می‌دهند. در هر واحدی اگر اپراتور در جریان تغییرات انجام شده در تنظیم‌های کنترل و دستورالعمل‌های عملیاتی با ترکیب batch قرار نگیرند، ممکن است حوادثی رخ ندهد. با این وجود چه بسا واحدهایی که تحت کنترل کامپیوتر هستند در برابر حوادثی از این قبل بسیار آسیب‌پذیر باشند. زیرا ممکن است بخش‌های مختلف در قبال عملیات واحد و تغییرات برنامه‌ی کامپیوتر مسئول باشند.

Refrence:

1. I. Nimmo, S. R. Nunns, and B. W. Eddershaw, “Lessons Learned from the Failure of a Computer System Controlling a Nylon Polymer Plant,’’ Paper presented at Safety and Reliability Society Symposium, Altrincham, UK, Nov. 1987.

2. B. W. Eddershaw, Loss Prevention Bulletin, No. 088, p. 3.

3. Chemical Safety Summary, Vol. 56, No. 221, Chemical Industries Association, London, UK, 1985, p. 6.

4. T. A. Kletz, Process Plants: A Handbook for Inherently Sa-fer Design, 2nd edition, Taylor and Francis, Washington, D.C., 1998, Chapter 7.

5. N. G. Laveson, IEEE Sofhyare, Vol. 7, No. 6, Nov. 1990, p. 55.

6. S, M. Englund and D. J. Grinwis, Chemical Engineering Progress,

7. A. M. Way, New Scientist, Vol. 119, Sept. 8, 1988, p. 61.

http://mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

فصل بیست و یکم

شما چه کاری می‌توانید انجام دهید

21-1: حادثه‌ی بوپال (Bhopal)

در سوم دسامبر 1984 واقعه‌ی ناگواری در تاریخ صنایع شیمیایی در Bhopal واقع در ایالت Madhya Pradesh در مرکز هند به وقوع پیوست. نشت متیل ایزو سیانات (MIC)[1] از یک کارخانه شیمیایی یعنی جائیکه از ماده‌ی مزبور به عنوان یک ماده‌ی واسطه برای تولید ماده‌ی حشره‌کش موسوم به کاربارل[2] استفاده می‌گشت باعث مسمومیت و مرگ دو هزار نفر گردید. اما برخی از برآوردهای غیر رسمی بیش از این تعداد را نشان می‌دادند. علاوه بر این، حدود دویست هزار نفر مجروح گشتند. اکثر افراد مجروح و کشته شده در خانه‌های سازمانی که تا مجاورت واحد پیش‌روی نموده بود، زندگی می‌کردند.

عامل اصلی این واقعه، آلوده شدن یک مخزن ذخیره‌ی MIC به چندین تن آب بود. بر اثر نفوذ آب یک واکنش مهار نشدنی به وقوع پیوست و دما و فشار افزایش یافت و در نتیجه شیر اطمینان باز شده و بخار MIC در فضا پخش گردید. تجهیزات حفاظتی که بایستی مانع پخش بخار MIC شده و یا میزان پخش را به حداقل می‌رسانیدند از کار افتاده بودند و یا خوب کار نمی‌کردند. سیستم سرد کننده‌ای که باید مخزن ذخیره‌سازی را سرد می‌کرد، خاموش بود. سیستم شستشوی گازی که باید بخار را جذب می‌نمود به سهولت در دسترس نبوده و سیستم مشعلی که می‌باید هر بخاری را که از سیستم شستشوی گاز عبور می‌کرد، جذب نماید، تحت هیچ شرایطی قابل استفاده نبوده است.

از حادثه‌ی بوپال درس‌های زیادی می‌توان آموخت. اما مهمترین آنها این است که ماده‌ی نشت شده، یک محصول یا ماده‌ی خام نبوده بلکه یک ماده‌ی واسطه بود و زمانی که همه چیز برای ذخیره‌سازی ماده‌ی مزبورآماده شده بود اینکار ضرورت پیدا نکرد. به دنبال این حادثه شرکت Union Carbide و سایر شرکت‌ها تصمیم گرفتند تا ذخایر MIC و دیگر واسطه‌های خطرناک را به میزان قابل توجهی کاهش دهند. یک سال پس از این فاجعه، Union Carbide گزارش داد که ذخایر واسطه‌های خطرناک تا 75 ٪ کاهش یافته است[1].

انفجار در Flixborought در ده سال اخیر (به بخش 2-4 مراجعه نمایید) بسیاری از شرکت‌ها را معتقد ساخت که بهترین راه جلوگیری از نشت یک ماده‌ی خطرناک استفاده از آن به میزان کم است، طوریکه نشت تمامی آن (عمل تشدید) یا استفاده از مواد ایمن‌تر بجای آن (عمل جایگزینی) مسئله‌ای را ایجاد نکند. گفته می‌شود واحدهایی که اینکار در آنها انجام شده در مقایسه با واحدهای رایج که در آنها از تجهیزات حفاظتی که امکان نادیده گرفتن آنها مثل حادثه‌ی بوپال یا کار نکردنشان وجود دارد، استفاده

[1] Methyl Isocyanate
[2] Carbaryl

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

شده ذاتاً ایمن هستند. این مسئله آنقدر واضح می‌باشد که نیازی به بیان آن نیست. اما در واقع تا بعد از حادثه‌ی Flixborough راهی برای ایمن ساختن واحدها ارائه نشده و یا در صورت ارائه تعداد آن محدود بود. مهندسین به سهولت واحدی را طراحی کرده و لیست همه‌ی مواد خطرناکی را که طرح بدان نیاز داشت، پذیرفتند. در مراجع 2 و 3 نمونه‌های از آنچه که جهت ذاتاً ایمن‌تر ساختن واحدها انجام گردیده یا می‌توانست انجام شود آورده شده است.

21-1-1: موقعیت واحد

اگر نشت نتواند در صورت عدم وجود مواد به وقوع بپیوندد، تلفاتی نیز در صورت نبودن افراد به بار نخواهد آمد. در صورت ممانعت از پیشروی خانه‌های سازمانی تا حوالی واحد، آمار مرگ و میر حادثه بوپال، مکزیکوسیتی [رجوع به بخش 1-9-8 (ت)] و سائوپالو [رجوع به بخش 8-1-9] کمتر می‌گشت. البته مسئله‌ی جلوگیری از گسترش خانه‌های سازمانی در مقایسه با مسئله‌ی اسکان دائمی افراد دشوارتر است اما با این وجود بایستی برای انجام این کار تلاش نماییم و در صورت نیاز اراضی را خریداری نموده و آنها را حصار بندی کنیم.

21-1-2: مطالعات قابلیت عملکرد و خطر

مخزن ذخیره‌سازی MIC با مقادیر قابل توجهی آب و کلروفرم (تا یک تن آب و 1/5 تن کلروفرم) آلوده شده بود و این مسئله به یک سری واکنش‌های پیچیده و غیر قابل کنترل منجر گردید[4]. اینکه آب دقیقاً از چه مسیری وارد مخزن شده معلوم نیست اما چندین نظریه از جمله نظریه خرابکاری[1] در این زمینه ارائه شده است[5]. مسیر واقعی چندان اهمیت ندارد. اگر احتمال ورود آب از یکی از راه‌های پیشنهاد شده وجود داشت، آنوقت می‌شد جلوی آنها را گرفت. مطالعات قابلیت عملکرد و خطر (بخش 7-18) برای تشخیص راه‌هایی که آلودگی و سایر انحرافات ناخواسته می‌تواند رخ دهد، ابزار مؤثری است. چون واکنش شدید آب با MIC شناخته شده بود، نمی‌بایستی اجازه داده می‌گشت که در نزدیکی مخزن MIC هیچگونه آبی وجود داشته باشد.

21-1-3: جلوگیری از خراب شدن دستگاه‌های حفاظتی و تعیین اندازه‌ی درست برای آنها

همچنانکه که قبلاً گفته شد، سیستم‌های سردکننده، مشعل و شستشوی گاز هنگام وقوع نشت خوب کار نمی‌کردند، به علاوه فشار و دمای زیاد مخزن MIC در ابتدا نادیده گرفته شده بود، زیرا تصور می‌گردید که دستگاه‌های ابزار دقیق غیر قابل اعتماد هستند. آلارم‌هایی که در دمای بالا به صدا در می‌آیند کار نکردند زیرا نقطه‌ی تنظیم افزایش یافته و بسیار بالا آورده شده بود، از این‌رو یکی از درس‌های عمده‌ی آموختنی از حادثه‌ی بوپال عبارت است از ضرورت خوب کار کردن تجهیزات حفاظتی. در فصل 14 برخی حوادث توضیح داده شده که بیانگر این مضمون می‌باشد.

[1] Subotage

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

خرید تجهیزات ایمنی آسان است. تمام آنچه که ما نیاز داریم پول و سرمایه است و اگر به قدر کافی تلاش نماییم، احتمالاً در نهایت به یک سیستم ایمنی دست خواهیم یافت. زمانی که اشتیاق اولیه از بین برود، اطمینان از خوب کار کردن تجهیزات بسیار دشوار خواهد بود. اگر مدیران علاقه‌ی خود را بکار از دست بدهند، تمامی دستورالعمل‌ها از جمله دستورالعمل‌های آزمایش و تعمیر و نگهداری به نوع خوردگی خیلی سریع‌تر از آن نوع خوردگی که روی فلزات می‌گذارد، دچار شده و بدون گذاردن هیچ نشانی به تدریج محو می‌شوند. رسیدگی مداوم جهت حصول اطمینان از حفظ دستورالعمل‌ها ضرورت دارد.

شکل 1-21. تصویری از قربانیان حادثه بوپال

21-1-4: شرکت‌های چند ملتی

نیمی از واحد بوپال در مالکیت یک کمپانی آمریکایی و نیمی دیگر متعلق به یک شرکت محلی بود. طبق قانون هند، شرکت محلی مسئول واحد بود. در چنین مواردی مشخص کردن اینکه چه کسی در هر دو زمینه‌ی عملیات و طراحی مسئول ایمنی است مهم تلقی می‌شود. شریکی که در امور فنی واردتر است و مسئولیت خاصی به عهده دارد نباید بکار ادامه دهد، مگر اینکه مطمئن شود که شریک اجرایی از علم، تجربه، تعهد و منابع لازم جهت استفاده از مواد خطرناک برخوردار است و نباید با گفتن اینکه شریک مسئول در امور اجرایی در کنترل وی نیست از مسئولیت شانه خالی نماید.

21-1-5: آموزش جهت پیشگیری از خسارت

حادثه‌ی بوپال (و چند حادثه‌ی دیگر که در این کتاب توضیح داده شده است) ما را متوجه این امر می‌سازد که از کسانی که طراحی و اداره‌ی واحد پرداخته‌اند سؤال شود که آیا مانند دانشجویان از

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

استخدام شوندگان خود در زمینه‌ی پیشگیری از خسارت آموزش کافی دیده‌اند یا خیر. در انگلیس کلیه‌ی دانشجویان مهندسی شیمی در زمینه‌ی پیشگیری از خسارت آموزش‌هایی می‌بینند اما این مسئله در غالب کشورهای دیگر از جمله آمریکا مصداق ندارد.

مبحث پیشگیری از خسارت بایستی در برنامه‌ی آموزشی کلیه‌ی مهندسین گنجانده شود. این آموزش نباید چیزی باشد که به یک واحد پس از طراحی اضافه شده (مانند پوششی از رنگ) بلکه بایستی بخش جداناپذیری از طراحی در نظر گرفته شود. در هر زمان ممکن خطرات بایستی به وسیله‌ی ایجاد تغییری در طراحی (مانند کاهش موجودی) بر طرف شوند، البته ترجیحاً با افزودن تجهیزات حفاظتی. هر مهندسی مجبور به تصمیم‌گیری پیرامون پیشگیری از خسارت خواهد بود (به عبارتی او مجبور خواهد بود تصمیم بگیرد که تا چه اندازه در بر طرف ساختن یک خطر وارد عمل شود[7]).

در حادثه‌ی بوپال در کادر پرسنلی و سیاست تقلیل نیروی انسانی تغییراتی صورت پذیرفته بود و نیروهای تازه‌کار مانند گروه اول مجرب نبودند. با این حال فکر نمی‌کنم که این مسئله عامل این حادثه باشد. خطاهای صورت پذیرفته (مانند نادیده گرفتن تجهیزات حفاظتی) خطاهای عمده‌ای هستند که نمی‌توان آنها را به بی‌تجربگی واحد خاصی نسبت داد.

21-1-6: عکس العمل مردم

حادثه‌ی بوپال نیاز کمپانی‌ها را به همکاری با مقامات محلی و خدمات اضطراری در تهیه طرح‌هایی جهت کنترل سوانح نشان داد. به طور اجتناب ناپذیری حادثه‌ی بوپال واکنش بسیاری از افراد را در سراسر جهان به ویژه در هند و امریکا برانگیزاند. افراد زیادی خواستار کنترل بیشتر بوده (در مقاله‌ای تحت عنوان «قانون‌گذاران در صحنه‌ی عمل»[6]، 32 فعالیت یا طرح دولت امریکا و 35 فعالیت بین‌المللی که تا آخر سال 1985 آغاز شده لیست گردیده است) و تلاش‌هایی برای نشان دادن اینکه صنعت قادر است خود مشکلاتش را حل نماید انجام شده است (برای مثال ایجاد مرکزی برای ایمنی فرایند شیمیایی توسط انستیتو مهندسین شیمی امریکا و برنامه پاسخ و آگاهی عمومی از سوی انجمن سازندگان مواد شیمیایی).

اگرچه بوپال حادثه‌ی هولناکی بود، اما ما بایستی از عکس‌العمل‌ها شدید یا پیشنهاداتی از این قبیل که مثلاً حشره‌کش (یا کل صنعت شیمی) غیر ضرورینند، بر حذر باشیم. حشره‌کش‌ها (با افزایش فراورده‌های غذایی) بیش از اینکه عامل مرگ و میر در حادثه‌ی بوپال بوده باشند. عامل نجات حیات بشر بوده‌اند. اما این حادثه دست‌آورد اجتناب‌ناپذیر تولید حشره‌کش نبوده است. با طراحی و عملیات بهتر و با کسب تجربه می‌توان از وقوع بوپال‌های بعدی پیشگیری نمود. حوادث در نتیجه‌ی عدم علم و آگاهی رخ نمی‌دهند بلکه در اثر قصور در استفاده از علم موجود به وقوع می‌پیوندند.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

21-2: مخزنی که پرواز کرد

در یک واحد، تست فشار به صورت نئوماتیک بر روی خط لوله‌ای که به یک مخزن وصل شده انجام می‌پذیرفت. ارتباط مخزن و خط لوله تنها بوسیله یک والو جداکننده انجام شده و ار صفحات مسدود کننده (Blind) استفاده نشده بود. والو یاد شده نشتی داشته و باعث انتقال فشار تست از خط لوله به مخزن شده بود. فشار مخزن (که وسایل کاهش فشار نداشته و یا به اندازه کافی بزرگ نبوده) افزایش یافته و از ناحیه کف مخزن جدا می‌شود. مخزن به هوا پرتاب شده و بر روی سایر تجهیزات فرود می‌آید.

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

- هنگام انجام تست‌های فشار یا هر فعالیت تعمیراتی و غیر روتین که با فشار مرتبط است اطمینان حاصل نمایید که تجهیزات تحت فشار بدرستی از سایر تجهیزات ایزوله شده و وسایل مناسب جهت تخلیه نیز نصب شده است.
- به منظور حفاظت تجهیزات در مقابل افزایش فشار استفاده از صفحات مسدود کننده (Blind) و یا جدا نمودن فیزیکی خط لوله در مقایسه با استقاده از والو به مراتب قابلیت اطمینان بیشتری دارد.
- قبل از شروع هر فعالیت غیر روتین، فرایند ایمنی را مرور نموده تا خطرات بالقوه و راه‌های مقابله با آن شناسایی شود.
- کارکنان را از محلی که تست فشار انجام می‌شود دور نگه دارید.
- در صورت امکان جهت انجام تست فشار خطوط لوله بجای استفاده از روش نئوماتیک (گاز) از مایع هیدرواستاتیک استفاده نمایید. انرژی آزاد شده ناشی از افزایش فشار مایع به مراتب از افزایش فشار گاز کمتر است.

شکل 2-21. کنده شدن مخزن از جای خود

http://mohandes-iran.com

21-3: جانمایی تأسیسات

چندین سال قبل در 23 مارس سال 2005 هنگام راه‌اندازی مجدد واحد ایزومریزاسیون پالایشگاه نفت تگزاس، انفجاراتی به وقوع پیوست که منجر به کشته شدن 15 نفر از کارگران و زخمی شدن 180 نفر گردید. تمامی قربانیان و بسیاری از مصدومان در نزدیکی تریلری بودند که به منظور انجام فعالیت‌های تعمیراتی در سایر واحدها در داخل ایزومریزاسیون مستقر شده بود. فشار برج تقطیر بیش از حد افزایش یافت و سرریز کرده بود. در همین هنگام شیر اطمینان باز گردید و مقدار زیادی هیدروکربن داغ از طریق Vent به محیط تخلیه گردید. این اولین باری نبود که از طریق Vent مواد وارد محیط می‌گردید، ولی این بار مقادیر زیادی به محیط تخلیه گشت. مجاورت ابر بخار تولید شده با منبع حرارت سبب انفجار مهیبی گشت. این حادثه اهمیت جانمایی محل‌های استقرار ساختمان‌ها، انستیتوی نفتی آمریکا (API) دو استاندارد RP752 را در خصوص محل‌های دائمی و RP753 را در خصوص ساختمان‌های موقت تهیه و انتشار نموده است.

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

به نظر می‌رسد جانمایی و استقرار ساختمان‌های مسکونی تنها به تصمیم مدیریت مربوط می‌شود اما در واقع اینگونه نیست و در بسیاری از موارد، کارکنان واحدها می‌بایستی در این امر مشارکت داشته باشند. به عنوان مثال:

- از مطالعات جانمایی تأسیسات مطلع بوده و از محدودیت‌های استقرار ساختمان‌های مسکونی در واحد آگاهی داشته باشید. اطمینان حاصل نمایید که هر تغییری در جانمایی ساختمان‌ها و واحدهای عملیاتی که در مجاورت ساختمان‌های مسکونی هستند بر اساس سیستم مدیریت تغییر صورت می‌پذیرد.
- به مطالعات جانمایی واحدها و راه‌های دسترسی به ساختمان‌ها که عملاً مورد استفاده قرار می‌گیرند توجه نمایید. به عنوان مثال ممکن است مدیریت معتقد باشد که محلی به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی کارکنان دائماً به آن مرحله مراجعه و مدت زمان طولانی را در محل سپری می‌کنند.
- در ساختمانی که احتمال انفجار وجود دارد ولی در طراحی اولیه موارد مورد نیاز لحاظ نشده، به دنبال پناهگاه نباشید. موج ایجاد شده ناشی از انفجار، ساختمان‌های معمولی را به شدت آسیب زده و یا به طور کامل تخریب می‌کند. احتمال آسیب دیدن افراد در ساختمان‌های غیر مقاوم به دلیل تخریب ساختمان به مراتب بیشتر از زمانی است که فرد در فضای باز در معرض موج انفجار قرار می‌گیرد.
- به محض آگاهی از رها شدن مواد قابل اشتعال که احتمال تولید بخارات قابل اشتعال را دارند از دستورالعمل شرایط اضطراری پیروی کرده و زنگ خطر تخلیه را به صدا در آورید تا اطمینان حاصل نمایید که افراد غیر، محل مورد نظر و ساختمان را تخلیه کرده‌اند.
- اطمنیان یابید که هنگام انجام عملیات مانند راه‌اندازی، توقف اضطراری و شرایط ناپایدار واحد، افراد غیر به محوطه عملیاتی و پر خطر وارد نشوند.
- در صورت وقوع شرایط ناپایدار عملیاتی و رها شدن مواد خطرناک، حتماً نسبت به بررسی علت وقوع و انجام اقدامات اصلاحی اصرار ورزید.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

21-4: تجهیزات الکتریکی در محوطه‌های خطرناک

در 14 اکتبر سال 1913، تقریباً حدود یکصد سال پیش، در معدن Senghenydd Colliery واقع در Glamorgan در جنوب ولز انفجاری به وقوع پیوست که منجر به کشته شدن 439 نفر گردید. این حادثه بدترین فاجعه معدنی در تاریخ انگلستان محسوب می‌شود. اعتقاد بر این است که شروع حادثه با نشت گاز متان بوده که به وسیله‌ی جرقه‌ای الکتریکی ناشی از تجهیزات برقی (احتمالاً زنگ اخبار) اتفاق افتاده است. انفجار اولیه باعث پخش شدن گرد و غبار ذغال شده و به دنبال آن ابری از غبار ذغال ایجاد و انفجارات بعدی رخ داده و به همین صورت زنجیره انفجارات بعدی ادامه یافته است.

انفجار Senghenydd یکی از وقایعی بود که اهمیت شناسایی خطرات بالقوه ناشی از جرقه تجهیزات برقی را آشکار ساخت. چون باعث اشتعال بخارات، گرد و غبار و یا میست‌ها خواهد گشت. رویکرد پیشگیرانه استفاده از تجهیزاتی است که اصطلاحاً به آنها تجیهزات ذاتاً ایمن می‌گویند. تجیهزات ذاتاً ایمن به تجهیزاتی گفته می‌شود که مدار الکتریکی آنها بگونه‌ای طراحی شده که در شرایط طبیعی و یا غیر طبیعی انرژی الکتریکی و یا حرارتی مورد نیاز برای اشتعال اتمسفر خطرناک را تولید نمی‌کند. برای مثال در طراحی این تجیهزات از توان الکتریکی کمتری استفاده می‌شود تا قادر نباشد مخلوط مواد شیمیایی خطرناک را مشتعل نماید.

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

- هنگام استفاده از تجیهزات برقی مانند پمپ‌های قابل حمل، دستگاه‌ها و ابزار آلات پرتابل، چراغ قوه‌ها، وسایل ارتباطی و یا خودروها مانند ماشین لیفتراک در مناطق خطرناک، حتی اگر مجوز انجام کار دارید مراقب باشید. در مورد پوشاندن و حفاظت از هر وسیله‌ای که نیاز به باتری دارد سؤال نمایید! برای استفاده از هر وسیله‌ای اطمینان یابید که در آن محوطه محدودیتی برای استفاده ندارد. اگر مطمئن نیستید از فردی مطلع کمک بگیرید!
- اطمینان حاصل نمایید که موارد مربوط به ایمنی الکتریسیته در محوطه‌های خطرناک هنگام انجام تغییرات مدنظر قرار می‌گیرد.
- محیط‌های خطرناک و طبقه‌بندی الکتریکی آن را در واحد خود شناسایی کنید. اگر نقشه مربوط به طبقه‌بندی الکتریکی محوطه‌ای را پیدا نکردید آنرا درخواست کرده و اطمینان یابید که آن نقشه به روز باشد.
- از متخصصین برق دعوت نمایید که در جلسه‌ای در مورد طبقه بندی مناطق خطرناک در واحد توضیحاتی ارائه نماید. در خصوص چگونگی تشخیص اشکالات برقی که در حین انجام کار با آن روبرو می‌شوید نیز سؤال نمایید.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

21-5: آیا شکر خطر انفجار دارد؟

آری، اگر به شکل پودر نرم و یا غبار باشد، قابل انفجار است. هر ماده سوختنی در صورتی که به طور پودر و یا گرد و غبار معلق درآید قادر است که در هوا و یا سایر محیط‌های اکسیدکننده باعث انفجار شود. در تاریخ 7 اکتبر 2008 انفجار عظیمی در کارخانه شکر در حوالی Savannah در ایالت جورجیا امریکا به وقوع پیوست. بیش از 40 نفر مجروح و تا پایان مارس متأسفانه 13 نفر کشته شدند. هنوز حادثه تحت بررسی بوده و تا کنون جزئیات علل حادثه مشخص نشده است. اما بررسی‌های اولیه حاکی از انفجار گرد و غبار است. بسیاری از مردم از خطر انفجار گرد و غبار و ذرات آگاه نیستند. برخی از مواد مانند مواد آلی، ذرات غلات، شکر، پلاستیک، نشاسته و مواد دارویی در صورتیکه به شکل پودر و ذرات درآیند قابل انفجار هستند. پودر فلزاتی مانند منیزیم و آلمینیوم نیز به صورت گرد و غبار خطر انفجار دارد.

شرایطی که جهت انفجار ذرات گرد و غبار لازم است در شکل ذیل سمت چپ به صورت پنج ضلعی نشان داده شده است.

* **سوخت**، حضور گرد و غبار سوخت. اندازه ذرات بسیار مهم است، ذرات با اندازه کوچکتر احتمال احتراق و پراکندگی بیشتری دارد.
* **اکسید کننده**، معمولاً اکسیژن موجود در هوا به اندازه کافی وقوع انفجار را تقویت می‌نماید.
* **تعلیق**، گرد و غبار باید در هوا به صورت معلق باشند. به طور معمول گرد و غبار در تجهیزات فرایندی پراکنده می‌شود. اما در یک ساختمان این پراکندگی گرد و غبار ممکن است به دلیل یک انفجار کوچک و یا هر عامل دیگری باشد که سبب می‌شود گرد و غبار موجود بر روی سطوح به هوا پراکنده گردد.
* **منبع حرارتی**، برای محترق شدن مخلوط قابل انفجار انرژی لازم است. این منبع حرارتی ممکن است با انرژی کم و یا شعله باز و اتصال برقی با انرژی زیاد همراه باشد.
* **فضای محصور و محدود**، برای مثال دیوارها، سقف‌ها و کف ساختمان‌ها فضای محدودی را ایجاد می‌کنند. تجهیزات کارخانه مانند تجهیزات فرایندی، سیلوهای ذخیره، جمع‌کننده‌های گرد و غبار و کانال‌های هدایتی فضای محدود و محصور به شمار می‌روند.

شکل 3-21. پنج ضلعی وقوع انفجار بر اثر مواد گرد و غبار

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

چگونه می‌توان قضاوت نمود که میزان گرد و غبار زیاد است؟ معمولاً دو مبنا برای قضاوت وجود دارد: مورد اول، وقتی رنگ تجهیزات قابل تشخیص نبوده و یا کف توسط لایه‌ای از گرد و غبار پوشیده شده باشد و مورد دوم، وقتی شما اسمتان را روی لایه گرد و غبار می‌نویسید و لبه‌ی حروف برجستگی و برآمدگی بسیار جزئی دارد. در محیط‌های که خطر گرد و غبار وجود دارد ضبط و ربط از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با استفاده از سیستم اتصال زمین و مرتبط کردن تجهیزات به یکدیگر می‌توان احتمال تخلیه الکتریسیته ساکن را کاهش داد. طبقه بندی صحیح مناطق خطرناک و انتخاب مناسب تجهیزات از دیگر اقدامات مفید است. اگر در واحد شما خطرات بالقوه‌ای وجود دارد که موجب انفجار می‌گردد با نوع آن آشنا شده و تمامی اقدامات لازم را برای ایجاد محیط بی‌خطر و بهره‌برداری ایمن ایجاد کنید.

21-6: جابجایی و نگهداری مواد خطرناک

تمامی افراد در واحد به منظور تولید محصولی ایمن فعالانه کار می‌کنند، اما با این حال هنوز ایمنی فرایند حاصل نمی‌شود. محصولات اصلی، فرعی و پسماندهای خطرناک تولید شده را چگونه نگهداری می‌کنید؟ این محصولات چگونه می‌توانند موجب روی دادن اشتباهات گردند:

1) بشکه‌ای از پسماندهای خطرناک به دلیل نگهداری در مجاورت مواد ناسازگار منفجر می‌شود.
2) نشت مواد قابل احتراق از ایزو تانکر در هنگام حمل و نقل جاده‌ای باعث آتش‌سوزی گردید.
3) یک مونومر واکنش‌زا با پوشش نامناسب توسط شبکه ریلی حمل می‌گشته که به دلیل واکنش با دیواره آهنی مخزن و واکنش پلی مریزاسیون موجب انفجار مهیبی در مخزن گردید.
4) بسته‌بندی نادرست باطری‌های لیتیوم جهت انتقال به تأسیسات دفع پسماند سبب آتش‌سوزی در هنگام حمل و نقل گردید.

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

- اطمینان حاصل نمایید که کلیه طروف حمل و نقل مواد اعم از مخازن ریلی تا ظروف کوچک نمونه برداری به طور صحیح و واضح برچسب‌گذاری شود تا همه افراد از محتویات آن مطلع شوند.
- ظروف پسماندهای آزمایشگاه و واحدها را برچسب‌گذاری نمایید تا مشخص شود کدام‌یک از آنها را می‌توان در مجاورت سایر مواد حمل نمود.
- اجازه ندهید پسماندهای بسته‌بندی شده بیش از زمان معین در واحد نگهداری شود.
- هنگامی که مواد را در جهت حمل و نقل آماده می‌سازید، اطمینان حاصل نمایید که کلیه اقدامات لازم جهت حمل و نقل ایمن از جمله انتخاب صحیح ظروف، بسته‌بندی مناسب، مدارک و مستندات حمل و نقل و سایر نیازمندی‌های مورد نیاز مد نظر قرار گرفته است.
- قبل از انتقال مواد به ظروف حمل، آنها را بازرسی نمایید تا احتمال نشت نداشته باشند.
- با الزامات انبارش مواد به صورت ایمن آشنا بوده و از آنها پیروی نمایید.
- با دستورالعمل‌های حمل و نقل مواد خطرناک، برچسب‌گذاری و نحوه مقابله با نشتی ظروف حمل و نقل در واحد خود آشنا بوده و از آنها تبعیت کنید.
- در صورت مشاهده نشتی در ظروف آسیب دیده، آنرا گزارش دهید تا نسبت به اقدام اصلاحی ترتیب داده شود.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

21-7. خطرات موجود در دستگاه‌ها و تجهیزات متروکه و بدون استفاده

در فوریه سال 2007 در پالایشگاه تگزاس به علت ترک خوردگی در خط لوله مرکز کنترل به مدت 15 سال از سرویس خارج شده بود، پروپان نشت پیدا کرد. آتش‌سوزی بزرگی به وقوع پیوست و به واسطه‌ی آن 4 نفر زخمی شده، پالایشگاه تخلیه گردید و به علت تعطیلی دو ماهه واحد، 50 میلیون دلار خسارت برآورد گردید. همچنین به طور مشابه می توان به موارد ذیل اشاره نمود. در یک کارخانه فرآوری مواد غذایی، یک مسیر خط لوله به دلیل انجام عایق‌کاری آزبست از سرویس خارج شد اما خط لوله همچنان در محل باقی مانده بود. سرانجام والوهای موجود در مسیر نشتی پیدا کرد و مواد آلاینده در محیط آزاد شد. مورد دیگر، آب به داخل یک جعبه برق متروکه نشت پیدا کرد و باعث نقص در سیستم برق و قطع کلی جریان برق گردید. همچنین تری کلرید فسفر (PCL_3) با آب واکنش شدیدی دارد. یک واحد فرایندی که از این ماده استفاده می‌نمود به Shut down کلی کشیده شد. به نظر می‌رسید که مخزن PCL_3 با آب بر روی سطح زمین بخار هیدروژن کلرید سمی تولید نموده است.

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

- همیشه هنگام حذف تجهیزات از فرایند چه به صورت موقت و یا دائمی و یا حتی هنگام برداشتن تجهیزات متروکه و بدون استفاده، سیستم مدیریت تغییر را اعمال نمایید. عملیات جداسازی و تخلیه و همچنین حذف پتانسیل خطر را در نظر داشته باشید. از دستورالعمل Lock out و Tag out واحد پیروی نمایید.
- اطمینان حاصل نمایید که تجهیزات متروکه و بدون استفاده قطعاً از فرایند و محل حذف شده باشند.
- مدیریت را از خطوط لوله و تجهیزات بدون استفاده مطلع نمایید. این امکان وجود دارد در مورد تجهیزاتی که دیگر استفاده نمی‌شوند شما مطلع باشید هرچند ممکن است دیگران فراموش کرده باشند.
- تجهیزاتی را که از سرویس خارج شده‌اند به صورت دوره‌ای بازرسی نمایید تا امکان حاصل نمایید خطری برای شرایط عملیاتی و محیط نداشته باشند. به نشانه‌هایی از قبیل خرابی، خوردگی و نشتی توجه نمایید. به والوها، Blinds و سایر وسایلی که برای جداسازی استفاده شده‌اند توجه ویژه داشته باشید.

21-8: چه اتفاقی می‌افتد وقتی برق قطع می‌شود

یکی از کارکنان تعمیرات جهت قطع یک مدار غیر فرایند به داخل اتاق برق رفت. اشتباهاً یکی از مدارهای مربوط PLC (کنترل‌های برنامه ریزی شده) واحد را قطع کرد. او متوجه خطای خود گردید. بنابراین سوییچ مدار PLC را ابتدا Reset و سپس خاموش نمود. اختلال در مدار تأمین نیروی برق باعث قطع PLC گردید و به دنبال آن برخی از دستگاه‌ها از سرویس خارج و برخی همچنان به عملکرد خود

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

ادامه دادند. بنابراین فرایند همچنان با کنترل نسبی فعالیت داشت. به دلیل اختلال در عملیات فرایند، والوهای Isolation بسته شد و مقادیر زیادی از مواد سمی که بیش از ظرفیت طراحی بود به اسکرابر هدایت گردید. خوشبختانه در این حادثه هیچ‌کس آسیبی ندید و مواد نشت یافته نیز از محدوده واحد فراتر نرفت.

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

- اگر برق یک وسیله و یا بخشی از واحد قطع شده و سایر تجهیزات همچنان به عملکرد خود ادامه دهند چه اتفاقی می‌افتد، از بروز و تأثیر این گونه حوادث آگاه باشید. اگر برق سیستم‌های نمایشگر و یا تابلوی کنترل قطع شده، ولی فرایند همچنان به عملکرد خود ادامه دهد چه اتفاقی خواهد افتاد؟
- اطمینان حاصل نمایید که کلیه تابلوهای برق و سوییچ‌های قطع و وصل به درستی برچسب‌گذاری شده‌اند. در منزل مسکونی خود ممکن است تا زمان پیدا کردن سوییچ صحیح آنها را قطع و وصل نمایید ولی این‌کار در محیط کار امکان‌پذیر نیست!
- اگر توسط تیم مطالعات و آنالیز خطرات فرایندی در مورد عملیات و یا عملکرد وسیله‌ای از شما سؤال گردید، آنرا جدی بگیرید. از روش‌ها و مستندات موجود جهت آزمایش استفاده نمایید.
- در هنگام قطع برق از دستورالعمل شرایط اضطراری تبعیت کنید. در این دستورالعمل به شما گفته شده که چه اقدامی مورد نیاز است تا واحد را در شرایط ایمن حفظ نموده و برای راه اندازی مجدد واحد در زمان قطع برق چه اقدامی باید صورت پذیرد.
- به صورت دوره‌ای دستورالعمل شرایط اضطراری را در زمان قطع برق بازنگری و عملاً تمرین کنید تا مشکلات آن تصحیح شوند. اطمینان حاصل نمایید که در هنگام قطع برق دستورالعمل شرایط اضطراری در دسترس باشد.

21-9: آیا پمپ آب منفجر می‌شود؟

در جواب این سؤال با قطعیت هرچه تمام می‌توان گفت آری، در تصویر نشان داده شده پمپ‌های گریز از مرکز هر سه پمپ آب بوده و منفجر شده‌اند. علت این انفجارها، واکنش مواد شیمیایی و یا سایر مواد آلاینده نبوده است. در واقع چنین انفجاراتی در پمپ‌های تغذیه‌کننده آب دیگ‌های بخار، پمپ‌های آب کندانس و یا پمپ‌های یون‌زدای آب به وقوع پیوسته است.

چگونه این انفجارات به وقوع پیوسته‌اند؟ مسیرهای ورودی و خروجی پمپ‌ها بسته شده و برای مدت کوتاهی کار کرده است (Dead heading). به دلیل عدم جریان آب در پمپ، تمام انرژی تولید شده که به طور طبیعی از پمپ تخلیه می‌گشت هم اکنون به حرارت تبدیل می‌شود. افزایش درجه حرارت آب، باعث افزایش فشار هیدرواستاتیکی داخل پمپ خواهد شد. همین افزایش فشار کافی می‌باشد تا عملکرد پمپ مختل شود، یا سیستم آب‌بندی پمپ خراب شده و یا پوسته پمپ سوراخ گردد. این انفجارات به علت تولید انرژی زیاد ممکن است باعث خرابی‌های گسترده و یا آسیب‌های انسانی شوند. اگر قبل از

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

خرابی پمپ درجه حرارت آب از نقطه جوش آن افزایش یابد، انفجاری با انرژی بیشتر در پی خواهیم داشت چون انتشار ناگهانی آب superheat شده به طور همزمان جوشش و افزایش سریع حجم را به دنبال دارد (انفجار از نوع BLEVE). شدت خرابی در این نوع انفجار مانند انفجار دیگ بخار (steam) خواهد بود.

اگر هنگام بهره‌برداری از پمپ، والوهای ورودی و خروجی بسته باشد هر سیال می‌تواند باعث بروز چنین انفجاری گردد. اگرمایعی مانند آب بتواند چنین خرابی را به بار آورد، تصور کنید که یک مایع خطرناک با قابلیت ایجاد حریق چه خساراتی عظیمی به وجود خواهد آورد. اگر مایع سمی و یا خورنده باشد افراد نزدیک پمپ به شدت آسیب خواهند دید.

شکل 4-21. انفجار یک پمپ بر اثر فشار آب

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

- برخی از پمپ‌ها به صورت اتوماتیک راه‌اندازی می شوند، بـه طـور مثـال تجهیـزات کنترلـی واحـد و سیستم ابزار دقیق تعیین ارتفاع باعث می‌شوند تا محتویات یک مخزن تخلیـه شـود. در چنـین شـرایطی قبل از گذاشتن پمپ در حالت اتوماتیک، اطمینان حاصل کنید که تمامی والوها در حالت صحیح باشد.
- بعضی از پمپ‌ها مجهز به به تجهیزات ابزار دقیقی هستند که در هنگام مسدود بودن مسیر از راه‌اندازی آن جلوگیری می‌نماید و یا دارای سیستم Interlock بوده که با کاهش جریان، افزایش درجه حرارت و فشار حساسی می‌باشند. اطمینان حاصل نمایید که این سیستم‌های ایمنی به درستی تعمیر و نگهداشت شده، آزمایش و در سرویس قرار دارند.
- قبل از راه‌اندازی هر پمپ، والوها را بررسی نمایید که در حالت صحیحی باشند. والوهایی که جریان را کنترل می‌کنند باز و سایر والوها مانند Vent و Drain بسته باشند.
- اگر پمپ را از طریق کنترل از راه دور (Remote) مانند اتاق کنترل راه‌اندازی می‌نمایید، اطمینان حاصل کنید که پمپ برای راه‌اندازی آماده است. اگر مطمئن نیستید شخصاً به محل رفته و آنرا بازرسی نموده و یا از فردی بخواهید تا پمپ را بررسی کند.

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

➢ اطمنیان حاصل نمایید که مراحل مهم و کلیدی در راه‌اندازی پمپ به صورت ایمن و بی‌خطر اجرا می‌شود. تمامی این مراحل در دستورالعمل‌های اجرایی چک‌لیست‌های واحد آورده شده است.

21-10: قدرت هوا

هوا همواره در اطرافمان وجود داشته و حاوی اکسیژن برای ادامه‌ی حیات ماست. ولی هوای فشرده (و یا هر گاز فشرده‌ی دیگری) محتوی مقدار زیادی انرژی است که در صورت آزاد شدن می‌تواند خسارات و خرابی زیادی ببار آورد. تصاویر ارائه شده حاصل سه انفجار است که در زمان آزمایش فشار پنوماتیک بر روی ظروف و یا خطوط لوله به وقوع پیوسته است.

1) خط لوله‌ای با هوای فشرده 1800 Psig (12/41 کیلوپاسکال یا تقریباً 125 بار) تحت آزمایش فشار قرار گرفته است. فلنج 36 اینچ (تقریباً 1 متر) نصب شده بر روی خط لوله، فشار را تحمل نکرده و باعث حادثه گردید. در این حادثه یک نفر کشته، 15 نفر مجروح و صدمات زیادی به تجهیزات وارد آمد.

2) خط لوله‌ای که به مخزن متصل شده بود جهت آزمایش با هوای فشرده در نظر گرفته شد، والو ارتباطی مخزن با خط لوله‌ای بسته گشت ولی صفحات مسدود کننده (Blind) استفاده نگردیده بود. در هنگام آزمایش والو یاد شده نشت کرده و مخزن تحت فشار قرار گرفت. در اثر فشار، مخزن به مانند راکتی از محل خود پرواز کرده و بر روی سایر تجهیزات فرود آمد.

3) در این حادثه گاز فشرده‌ای که استفاده شد نیتروژن بوده (نه هوا)، ولی نتیجه انفجار مشابه بود. خط لوله‌ای که با نیتروژن تحت آزمایش قرار گرفته بود منفجر گشت. در اثر این حادثه یک نفر کشته و سه نفر به شدت مجروح گردیدند.

شکل 5-21. انفجار یک ظرف بر اثر فشار

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

➢ هنگام انجام آزمایش فشار، برای جداسازی تجهیزات تنها به بستن والوها اکتفا نکنید چون والوها تحمل کافی برای فشار ایجاد شده را ندارند. حتماً از صفحات مسدودکننده (Blind) استفاده کنید و یا به طور فیزیکی ارتباط را قطع نمایید.

➢ برای انجام آزمایش فشار از دستورالعمل مکتوب استفاده کرده و مراحل آن را به دقت پیروی نمایید.

➢ علائم هشداردهنده را نصب نموده و از دسترسی افراد به محدوده‌ای که آزمایش انجام می‌شود جلوگیری نمایید.

➢ اگر برای انجام آزمایش فشار مجبور به استفاده از گاز تحت فشار هستید، قبل از شروع کار موارد ایمنی را مرور نمایید.

➢ تا حد ممکن، جهت انجام آزمایش فشار از آب (آزمایش هیدرواستاتیک) و یا سایر مایعات بی‌خطر استفاده نمایید. آب مایعی است که قابلیت فشرده شدن نداشته و در شرایط مشابه نسبت به هوای فشرده انرژی بسیار کمتری دارد. انفجار یک بالن محتوی آب را با بالن مشابه و محتوی هوا را در نظر بگیرید. انفجار بالن هوا همراه با صدای مهیبی خواهد بود ولی بالن محتوی آب چنین صدایی ندارد.

➢ قبل از آنکه آزمایش فشار را شروع نمایید در مورد تبعات ناشی از عدم تحمل فشار و آزاد شدن آن فکر نمایید، اقدامات احتیاطی را در نظر بگیرید تا افراد در معرض خطر نباشند. به خاطر داشته باشید که این یک آزمایش است، چه اتفاقی خواهد افتاد اگر تجهیزات در این آزمایش خوب عمل نمایند؟

21-11: یادآوری حادثه‌ی پایر آلفا (Piper Alpha)

سال‌ها پیش حادثه‌ای در سکوی نفتی Piper Alpha در دریای شمال در 110 کیلومتری Abredeen در اسکاتلند به وقوع پیوست. در ششم جولای 1998 آتش‌سوزی و انفجارات پی‌درپی باعث از بین رفتن سکوی نفتی گردید. از 226 نفری که در زمان حادثه بر روی سکو بودند با احتساب دو نفر از کارکنان که برای نجات دیگران تلاش می‌کردند مجموعاً 165 نفر کشته شدند. بر اثر این حادثه سکوی نفتی کاملاً منهدم گردید.

به دلیل کمبود مدارک امکان بررسی حادثه میسر نبود. اما بر اساس اظهارات شاهدان عینی پس از راه‌اندازی مجدد پمپ تحت تعمیر، هیدروکربن سبک نشت پیدا کرده است. به علت انجام تعمیرات، ولو ایمنی کاهش فشار از روی میسر تخلیه پمپ باز شده بود و کارکنانی که پمپ را راه‌اندازی می‌کردند از این موضوع آگاه نبودند. صفحه‌ی مسدودکننده (Blank) در محل ولو ایمنی برداشته شده به طور محکم و مناسب نصب نگردیده بود و شل بودن آن نیز براحتی قابل تشخیص نبود. در زمان راه‌اندازی پمپ، از همین نقطه نشتی به وقوع پیوست و ابری از مواد قابل اشتعال تولید گردیده و به دنبال تماس با منبع

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

حرارت حادثه به وقوع پیوسته است. پمپ در ساعت 10 شب راه‌اندازی شده بود و سه ساعت بعد یعنی در ساعت 1 نیمه شب سکو نفتی به کلی تخریب و تعداد زیادی از افراد سکو کشته شده بودند.
همان‌طور که از یک چنین حادثه بزرگی انتظار می‌رود علل ریشه‌ای متعددی در ارتباط با طراحی، عملیات اجرایی، مشکلات فرهنگ ایمنی، چگونگی پاسخگویی به شرایط اضطراری و آموزش تشخیص داده شد. از میان تمامی نواقص گفته شده، دو مورد که بیشتر در حوزه‌ی کاری واحد است بیان می‌گردد.

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

- تحویل شیفت و تبادل اطلاعات، در هنگام تحویل شیفت وضعیت پمپ گفته شده ولی اشاره‌ای به ولو ایمنی نشده بود. در دفاتر ثبت واحد تعمیرات و کنترل روم نیز به ولو ایمنی اشاره‌ای نشده بود. همچنان مشکلات مربوط به تحویل شیفت و عدم ثبت اطلاعات در مورد برخی از کارکنان دیده می‌شود.
- اطلاعات مربوط به تجهیزات را به طور کامل در دفتر ثبت نمایید. در پایان شیفت کاری خود تمامی اطلاعات را به طور شفاف به تحویل گیرنده شیفت انتقال داده و اطمینان حاصل نمایید که به درستی وضعیت عملیاتی و فعالیت‌های تعمیراتی را درک کرده است.
- سیستم مجوز انجام کار، سیستم مجوز کار بر اساس دستورالعمل به طور مؤثر اجرا نشده بود. برای مثال مخدوش بودن اطلاعات مهمی مانند امضاء و تأییدیه مجوز و نتایج آزمایش گازسنجی امر طبیعی بود. مسئولین واحدهای عملیاتی و بهره‌برداری قبل از شروع کار و پس از اتمام کار از محل اجرای کار بازدید و بازرسی نداشتند. سرپرست‌ها عموماً مجوزهای کار را برروی میز اتاق قرار می‌دادند در صورتی که بر اساس دستورالعمل می‌بایست آن‌را به فرد مسئول در واحد بهره‌برداری تحویل دهند.
- همواره از دستورالعمل سیستم مجوز کار، تبعیت نموده و مواردی چون مستندسازی، ارتباط مؤثر و ثبت اطلاعات را مد نظر قرار دهید. برای انجام کار میان‌بر نزنید و شخصاً همه موارد را در مجوز انجام کار چک نمایید. هرگز تصور نکنید که تمامی فعالیت‌ها به درستی انجام شده است. اگر می‌خواهید مجوز انجام کاری را امضاء کنید حتماً خودتان آنرا بررسی نمایید.

21-12: چرا این والو باز نمی‌گردد؟

در ماه آوریل سال 2004، به دنبال آتش‌سوزی و انفجار در واحد پلی ویتیل کلراید (PVC) 5 نفر کشته و 3 نفر به شدت مجروح شدند. در اثر این حادثه بخش عمده‌ای از سازه‌های راکتور و انبار مجاور آن تخریب گردید. دود ناشی از این حادثه به محل مسکونی انتقال یافته و به دستور مسئولین ذی‌ربط مجبور به تخلیه منطقه شدند. این واحد هرگز دوباره بازسازی نگردید. در گزارش حوادث این مرکز به تعدادی از علل ریشه‌ای حادثه از جمله نواقص و خطاهای انسانی در فاز طراحی و عملیاتی، نقص در اجرای پیشنهادات و توصیه‌های ارائه شده در حوادث قبلی، عدم تبعیت از دستورالعمل‌ها به منظور پیشگیری از حوادث و نداشتن طرح مقابله با شرایط اضطراری بر اثر نشت مواد قابل اشتعال، اشاره شده است. در این بررسی به طور خاص عواملی که باعث بروز چنین حوادثی شده که مستقیماً بر کارکنان

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

تعمیرات و بهره‌برداری اثر می‌گذارد، بیان می‌شود. این واحد دارای 224 راکتور مشابه برای تولید پلی‌وینیل‌کلراید به صورت Batch بوده است.

پس از تولید هر Batch، راکتور از گازها و بخارات قابل اشتعال و سمی تخلیه شده و با آب تمیز می‌گردید. سپس آب به سیستم فاضلاب در زیر راکتور تخلیه می‌گشت. کارشناسان بر این باورند که حادثه در هنگام تخلیه آب از راکتور توسط اپراتور به وقوع پیوسته است.

اپراتور برای تخلیه‌ی آب به راکتوری که در مرحله واکنش بوده مراجعه کرده است. واکنش‌های اختلاط که دارای وینیل‌کلراید قابل اشتعال است تقریباً در فشاری معادل 70 psig انجام می‌گردد. اپراتور نمی‌توانست ولو پنوماتیک در زیر راکتور را باز نماید چون هنگامی که راکتور تحت فشار است قفل ایمنی موجود از باز شدن ولو جلوگیری می‌نماید. به نظر می‌رسید که اپراتور با استفاده از منبع تأمین هوا که در نزدیکی محل راکتور وجود داشته سعی نموده که ولو را باز نماید. به همین دلیل محتویات راکتور تخلیه شده و گازها و بخارات قابل اشتعال، آتش گرفته است.

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

- اگر سعی بر باز کردن و یا بستن ولو پنوماتیکی یا برقی دارید ولی موفق نمی‌شوید، کار را متوقف کرده و فکر نمایید. شاید دلیلی دارد که نمی‌توانید آنرا حرکت دهید. برای مثال:
  1. ممکن است ولو مورد نظر اشتباه باشد.
  2. شاید قفل ایمنی از حرکت کردن ولو جلوگیری به عمل می‌آورد.
  3. ممکن است ولو به دلیل تعمیرات قفل (Lock out) شده است.
- اگر والو در شرایط عادی باز نمی‌شود برای یا بستن والو با استفاده از هوا منابع انرژی آنرا تحت فشار قرار ندهید.
- اگر والو باز نمی‌شود و مسیر Bypass وجود دارد، تا زمانی که دلیل باز شدن آنرا متوجه نشدید از باز نمودن مسیر Bypass پرهیز کنید.
- در صورتی که قادر به باز نمودن یا بستن ولو نیستید از سرپرست یا مهندسین دیگر کمک بگیرید. تا زمانی که علت آنرا متوجه نشدید هیچگونه اقدامی انجام ندهید.
- در مورد سایر تجهیزات نیز به همین شیوه عمل نمایید. تا زمانی که علت آنرا متوجه نشدید از تحت فشار قرار دادن آن خودداری نمایید.

21-13: یکپارچگی مکانیکی در هنگام نصب لوله‌های باریک

در واحدهای فرایندی نصب صحیح، تعمیرات و بازرسی از لوله‌های فلزی نقش مهمی در پیشگیری از نشت مواد سمی و آتش‌سوزی‌ها دارد. این لوله‌ها همیشه قطر کوچکی دارند بنابراین نظارت و بازرسی آنها به دلیل کوچک بودنشان فراموش نکنید. کوچکترین نشتی از این لوله‌ها می‌تواند باعث شروع

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

آتش‌سوزی و گسترش آن شود و یا حتی نشت مقادیر کمی از مواد سمی بسیار خطرناک باشد. برخی از حوادث گزارش شده در زیر آمده است:

- لوله‌ی یک دوم اینچی استنلس استیل در مسیر بین پمپ گلایکول و یکی از ظروف فرایندی در محل اتصال در نزدیکی ظرف فرایندی دچار نقص می‌شود. مواد نشت یافته بر روی ریبویلر پاشیده شده و سبب آتش‌سوزی و وارد آمدن خسارات قابل توجی به تجهیزات فرایندی می‌گردد. ارتعاشات ناشی از پمپ گلایکول باعث شل گردیدن اتصالات و ایجاد نشتی شده است.
- یک لوله استنلس استیل متصل به اسکرابر گاز از محل اتصال به اسکرابر دچار نقص شده و گاز نشت یافته، شعله‌ور می‌شود اما پس از مدتی بدون هیچگونه خسارتی خاموش می‌شود. علت اصلی این نقص کاملاً مشخص نشد ولی در بررسی منحنی فشار، بالا رفتن فشار قبل از وقوع حادثه ثبت گردید. علاوه بر این به دلیل توفانی که چندی پیش به وقوع پیوسته بود احتمال آسیب دیدگی و ضعیف شدن لوله دور از انتظار نبوده است.
- در هنگام راه‌اندازی واحد LNG، نشت گاز از یک لوله‌ی یک دوم اینچی منتهی به Seal پمپ تشخیص داده شد. تکنسینی که به درستی آموزش ندیده بود، آنرا تعمیر نمود. زمانی که واحد مجدداً راه‌اندازی گردید، آن لوله جدا شده و گاز LNG که نشت یافته بود، باعث آتش‌سوزی گردید.

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

- روش‌های اجرایی نصب، بازرسی و تعمیرات این لوله‌ها را در واحد خود بازنگری نمایید.
- به یاد داشته باشید که نوع لوله‌های دیگر مقاوم نبوده و براحتی آسیب می‌بینند. از ضربه زدن به این لوله‌ها و اتصالات آنها خودداری نمایید.
- هرگونه آسیب و نشتی را از لوله‌ها گزارش کرده و تا رفع مشکل آنرا پیگیری نمایید.
- به خاطر داشته باشید که عملیات نصب و یا تعمیرات بر روی این گونه لوله‌ها باید توسط تکنسین آموزش دیده و دارای صلاحیت انجام پذیرد.
- برای عملیات خم کردن و شکل‌دهی به این لوله‌ها از دستورالعمل مربوطه و ابزار استفاده نمایید.
- در هنگام لوله‌کشی از اتصالات، مهره و بست‌های مناسب استفاده کنید. از مصرف اتصالاتی که ساخت کارخانه‌های متفاوت می‌باشد پرهیز نمایید.
- از تولیدکننده‌ی این لوله‌ها، اطلاعات مورد نیاز در خصوص روش‌های نصب و تعمیرات را درخواست نمایید.

21-14: سرپوش‌ها و درپوش‌ها- سرانجام یک روز آنرا فراموش خواهید کرد!!

قطعه‌ای از روی یک داربست موقت به پایین سقوط می‌کند. یک ولو $\frac{3}{4}$ اینچی (تقریباً 20 میلی‌متر) بر روی خط لوله فرایند به عنوان مسیر تخلیه اضطراری نصب شده بود. این قطعه دقیقاً بر رو دسته والو که

http://mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

به صورت افقی بوده سقوط کرده و یک چهارم والو را باز می‌کند. خط لوله محتوی مواد قابل اشتعال بوده که از طریق این ونت به محیط تخلیه میگردید. مواد تخلیه شده آتش‌گرفته و سبب مرگ یک نفر پیمانکار و سوختگی دو نفر دیگر گشت.

در هنگام وقوع حادثه هیچ‌گونه سرپوش و یا درپوشی بر روی مسیر ونت خط لوله وجود نداشت. تنها چرخش یک چهارم دسته ولو می‌توانست از تخلیه مواد قابل اشتعال و آتش‌گیر جلوگیری نماید.

این حادثه به دلیل سقوط یک شی بر روی یک دسته ولو و باز شدن آن به وقوع پیوست.

آنچه شما می‌توانید انجام دهید

- آیا می‌دانید، همیشه برای جلوگیری از نشت مواد به محیط باید بیش از یک مانع در نظر گرفت. ایجاد نشتی و یا باز شدن اتفاقی والو نبایستی سبب تخلیه مواد خطرناک به محیط گردد.
- آیا می‌دانید نصب سرپوش و یا درپوش بر روی مسیرهای تخلیه و یا درین به سادگی فراموش می‌شود. معمولاً فردی که این درپوش‌ها و یا سرپوش‌ها را بر می‌دارد قصد بازگشت و نصب مجدد آنرا دارد اما افراد شاغل در فرایند بسیار مشغول بوده و براحتی آنرا فراموش می‌کنند.
- همیشه درپوش‌ها و سرپوش‌ها را بر روی خطوط لوله تخلیه، درین‌ها، نقاط نمونه‌برداری و سایر نقاطی که برای انجام کار نیاز به برداشتن آنهاست دوباره نصب نمایید. تا زمان برگرداندن این قطعات به محل اصلی خود، کار شما به اتمام نرسیده است.
- در محل کار خود به سرپوش‌ها و درپوش‌هایی که بر روی خطوط لوله نصب نشده و یا آسیب دیده‌اند توجه کرده و اطمینان حاصل نمایید که در شرایط مناسبی هستند.
- فراموش نکنید که برخی از مسیرهای تخلیه بایستی باز باشند (نیاز به درپوش و سرپوش ندارند). برای مثال مسیرهای تخلیه بر روی Double Block و Bleed Isolation، در صورت عدم آگاهی و اطمینان از لزوم سرپوش و یا درپوش از فردی که در مورد طراحی فرایند اطلاع کافی دارد سؤال نمایید.
- به محل‌هایی که امکان نشتی و یا باز شدن اتفاقی مسیرهای تخلیه و آزاد شدن مواد خطرناک وجود دارد توجه نمایید. این شرایط را گزارش نموده و مطمئن شوید که وسایلی چون درپوش، سرپوش و یا صفحات مسدودکننده وجود دارد.
- والوها و مسیرهای درین که احتمال باز شدن اتفاقی به وسیله تکیه داده و یا گذاشتن پا روی آنها وجود دارد مورد بازنگری قرار دهید.
- به جای والوهای Ball و یا Plug که با چرخاندن یک چهارم باز می‌شوند والوهایی مانند دیافراگمی، Gate و Glob را در نظر بگیرید که احتمال باز شدن آنها به صورت اتفاقی کمتر باشد.
- قبل از هرگونه تغییری بر روی مسیرهای تخلیه و درین از انجام مطالعات مدیریت تغییر اطمینان حاصل نمایید.

http://mohandes-iran.com