Sucked Tanks

Exploded Tanks

Flaming Tanks

Corroded Tanks

Overflowing Tanks

مخازن مچاله

۱ + ۱۴ دلیل مچاله شدن مخازن ذخیره در صنایع فرآیندی

با رعایت اصول مهندسی در طراحی و اجرا،
از خسارات میلیاردی پیشگیری کنیم

یاد بگیریم و یاد بدهیم
که تجربیات دیگران را تجربه نکنیم

علیرضا یاوری

مخازن مچاله

۱+۱۴ دلیل مچاله شدن مخازن ذخیره در صنایع فرآیندی

شاید باور نکنید اما میزان خلاء قابل تحمل برای مخازن ذخیره، معادل فشار هیدرواستاتیک در ته یک فنجان چای است!!.
یا شاید باور نکنید که زنگ زدن مخزن کاملاً بسته حاوی آب می‌تواند باعث مچاله شدن مخزن گردد!!.

پروفسور ویلی (Dr. Ronald J. Willey) استاد دانشگاه Northeastern در بوستون سمینار آموزشی خود در باره آسیب دیدگی های مخازن را با این جمله خاتمه داد: « به یاد داشته باشید که مخازن شکننده هستند و یک پوسته تخم مرغ می تواند فشار و خلأ بیشتری را برواحد سطح تحمل کند. »

اگر با درک این مفهوم به مخازن نزدیک شویم ، آسیب دیدگی مخازن کمتراتفاق می دهد، زیرا ما همانطور که در نگهداری و حمل تخم مرغ احتیاط می‌کنیم، با مخازن نیز رفتار خواهیم کرد.

مخازن ذخیره کم فشار در صنایع فرآیند شیمیایی (CPI) به وفور مورد استفاده قرار می گیرند و نگهداری بهینه آنها برای حفظ مواد اولیه مایع ، واسطه ها و محصولات نهایی ضروری است. به همین نسبت تعداد مخازن آسیب دیده در صنایع شیمیائی و فرایندی بسیار است، که مچاله شدن، رایج ترین علت آن بوده است.

مخازن به طرق مختلفی به داخل مکیده می‌شوند که مثال های این قسمت، به برخی از آنها اشاره می کند. گاهی به نظر می‌رسد اپراتورها در ابداع راه های جدید برای به داخل مکیده شدن مخازن، ابتکار زیادی به خرج می‌دهند!!

بسیاری از این حوادث بدین دلیل رخ داده که اپراتورها از میزان شکننده بودن مخازن بی اطلاع بوده اند. این مخازن به آسانی می‌توانند تحت فشار زیادی قرار گیرند، ولی خیلی راحت تر به داخل مکیده می‌شوند.

در حالیکه بیشتر مخازن برای تحمل فشار گیج برابر ۸ اینچ آب طراحی می‌شوند(Psi ۰/۳)، میزان خلاء قابل تحمل برای آنها تنها ۲/۵ اینچ آب (Psi ۰/۱)در

نظر گرفته می‌شود. این میزان فشار، معادل فشار هیدرواستاتیک در ته یک فنجان چای است.

خلاء در مخازن با سقف ثابت می‌تواند هنگام خارج شدن سریع مواد یا افت ناگهانی دما یا فشار ، که معمولاً در اثر شرایط آب و هوایی به وجود می‌آید، ایجاد شده وباعث کاهش حجم بخار در مخزن می‌شود. مخازن باید به گونه ای طراحی وساخته شوند که در برابر خلأ حاصل ازحداکثر میزان برداشت وحداکثر کاهش دما/ حجم مقاومت کنند (به استاندارد API 2000 و NFPA 30 مراجعه کنید). تجهیزات خلاء شکن نیز باید در بالاترین نقطه مخزن در یا نزدیک آن قرار داشته باشد. علاوه بر این، اندازه گیری فشار دیفرانسیل نسبت به شرایط محیطی نیز باید مرتب صورت گیرد.

گرچه که این مخازن ذخیره سازی با فشار کم کار می‌کنند، اما به دلیل داشتن حجمی زیادتر نسبت به مخازن تحت فشار ، دارای خطر بیشتری هستند و در صورت بروز حادثه، با حجم بسیار زیادی از مواد روبرو خواهیم شد که بسته به نوع و مشخصه مواد، می‌تواند عواقب ناگواری را به همراه داشته باشد.

مقایسه مقاومت در برابر ضربه ، و تحمل در برابر خلاء:

مقاومت در برابر ضربه:

تیم MythBusters در یک آزمایش، یک بلوک بتونی ۱۴۵۰ کیلوگرمی را از ارتفاع ۹ متری برروی تانکر رها می‌کند، که تنها منجر به دفرمگی ۱۵ سانتیمتری در بالای تانکر می‌شود و تانکر از این آزمایش، موفق بیرون می‌آید.

All New
#MYTHBUSTERS
NEXT SAT
8/7c

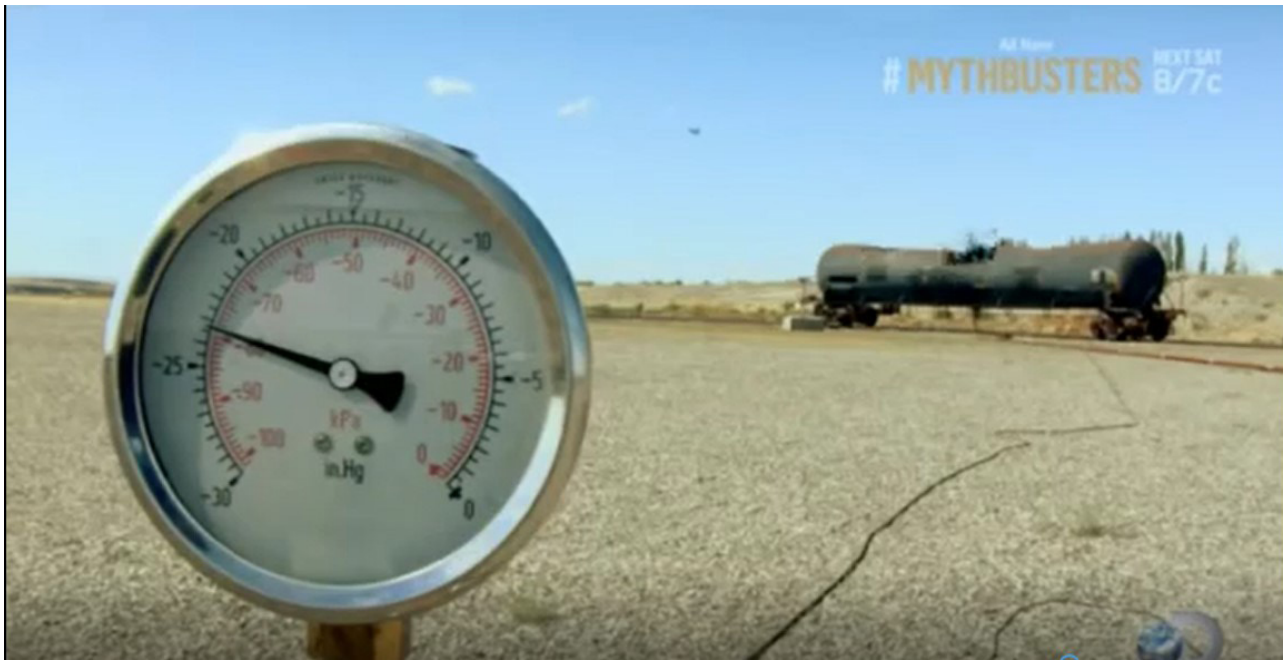
All New
#MYTHBUSTERS
NEXT SAT
8/7c

#MYTHBUSTERS
8/7c

#MYTHBUSTERS
8/7c

مقاومت در برابر خلاء:

در آزمایش دیگری بر روی تانکر مشابه، هوای تانکر تخلیه شد و میزان خلأ درون آن به ۲۳- اینچ جیوه رسید و در این شرایط، مخزن مچاله شد.



دلایل مچاله شدن مخازن(۱ + ۱۴) :

یک دلیل اصلی و تنها فاکتور اصلی مچاله شدن مخازن، **ایجاد فشار منفی** یا **خلأ** در مخازن است.

استاندارد API 2000 الزامات ونت وتهویه مخازن ذخیره سازی اتمسفریک و کم فشار را برای فشار بیش از حد یا خلا را تعیین می کند. این استاندارد سناریوهای علل فشار بیش از حد و خلاء را شامل می‌شود . بایدتوجه داشته باشیم که علل ایجادخلاء، اغلب عکس دلایل فشار بیش از حد است.

سناریوهای خلاء به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

الف- جریان خروجی مایع ناشی از جریان عادی مایع خروجی یا انحراف غیر منتظره درمیزان جریان مایع خروجی از مخزن (به عنوان مثال ، باز شدن سهوی یک دریچه تخلیه معمولاً بسته(normally closed)) که باعث ایجاد خلاء در فضای درون مخزن می‌شود .

ب- کاهش جریان بخار ورودی ناشی از نقص کنترل ولو یا خرابی رگولاتور سیستم بلانکتینگ مخزن .

پ- تغییر در انتقال حرارت ناشی از دمای پایین محیط و یا کاهش تابش خورشید ، تغییر در شرایط فرایند بالادستی (به عنوان مثال ، خوراک سردتر) ، عدم عملکرد سیستم کنترل دمای کویل حرارتی یا ژاکت ، یا ارسال مستقیم مواد خنک کننده به داخل مخزن مستقیماً هنگام خرابی کویل یا ژاکت خنک کننده.

ت- مخلوط کردن مواد ناسازگار ناشی از خطای انسانی که باعث ایجاد واکنش های گرماگیر می‌شود.

اما اگر بخواهیم علل و عواملی را که باعث ایجاد این فشار منفی می‌شوند بررسی کنیم، دلیل اصلی مچاله شدن مخازن طبق **سناریوهای چهارگانه** را به **چهارده دسته** که زیرمجموعه این سناریوها هستند، تقسیم می کنیم که تاکنون در صنایع شیمیائی و فرایندی باعث مچاله شدن مخازن شده است تا با دانستن این عوامل و پیشگیری از بروز آنها، سهم بزرگی در ممانعت از مچاله شدن مخازن و بروز خسارات هنگفت مالی به مجموعه خود ایفا نمائیم:

۱-قراردادن بلانک روی ونت جهت ممانعت از نشر بو در معبر

یـک صفحـه مسـدود کننـده(blank) لقـی در بـالای یـک ونـت گذاشـته شـده بـود تـا از خـروج بخـارات در مجـاورت یـک معبـر جلوگیـری شـود.

۲-پوشـاندن لولـه ونـت مخـزن بـا پلاسـتیک پـس از تمیـزکاری، وسـرد شـدن ناگهانـی مخـزن

پـس از تمیـز کـردن مخـزن، یـک کیسـه پلاسـتیکی بـه روی ونـت آن بسـته شـد تـا از ورود گـرد و خـاک بـه مخـزن جلوگیـری کنـد. روز گرمـی بـود. بـا پاشـیده شـدن ناگهانـی آب بـه روی مخـزن جهـت خنـک کـردن آن، مخـزن بـه داخـل مکیـده شـد.

۳-زنگ زدن مخزن کاملاً بسته حاوی آب

یـک مخـزن کامـلاً بسـته کـه محتـوی مقـداری آب بـود، بـر اثـر زنـگ زدگـی، بخشـی از اکسـیژن موجـود مصـرف شـده و افـت فشـار داخلـی باعـث مچالـه شـدن مخـزن شـده اسـت.

واحـد تعمیـرات تصمیـم بـه بازرسـی یـک مخـزن می‌گیرنـد. ایـن مخـزن فقـط حـاوی مقـداری آب بـوده و بـه هیـچ تجهیـز دیگـری وصـل نبـود ، بنابرایـن بازرسـی و تسـت هـای معمـول روتیـن بـر روی آن انجـام نشـده بـود.

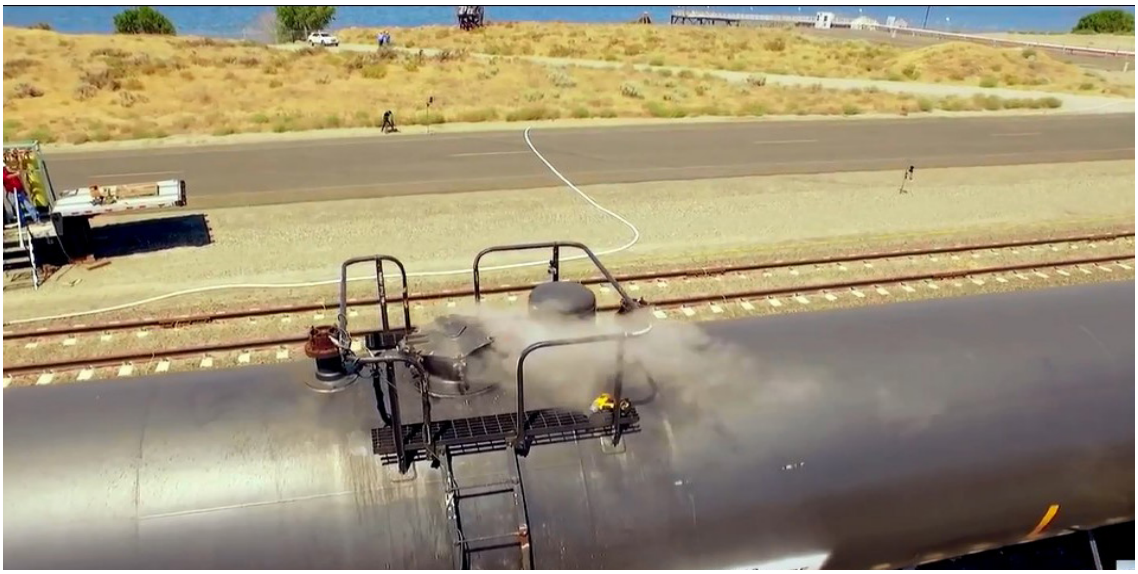
سه کارگر برای انجام بازرسی به داخل مخزن رفتند و از حال رفتند. دو نفرشان بهبود یافتند اما نفر سوم درگذشت. آزمایش فضای درون مخزن، حاکی از کمبود اکسیژن بود. تیم تحقیقاتی به این نتیجه رسید که به احتمال زیاد، زنگ زدگی باعث مصرف اکسیژن و کم شدن آن در فضای مخزن شده است.
یک اثر مشابه مورد فوق ، باعث مچاله شدن یک مخزن شد. اگرچه معمولاً فرایند زنگ زدگی، به کندی صورت می گیرد ، اما در برخی شرایط می‌تواند سریع باشد. دو نفر در دستگاه تبخیر کننده ای که حاوی مقداری کلرید منیزیم مرطوب و گرم بود بیهوش شدند. چندی بعد یکی از آنها درگذشت.
بعدها ، آزمایش های انجام شده نشان داد که میزان اکسیژن موجود در ۲٤ ساعت به ۱٪ کاهش یافته است . آزمایش های دیگر نشان داد که وقتی رطوبت نسبی از ۳۸٪ به ۵۲٪ رسیده، میزان خوردگی ۱۰ برابر افزایش یافته است .

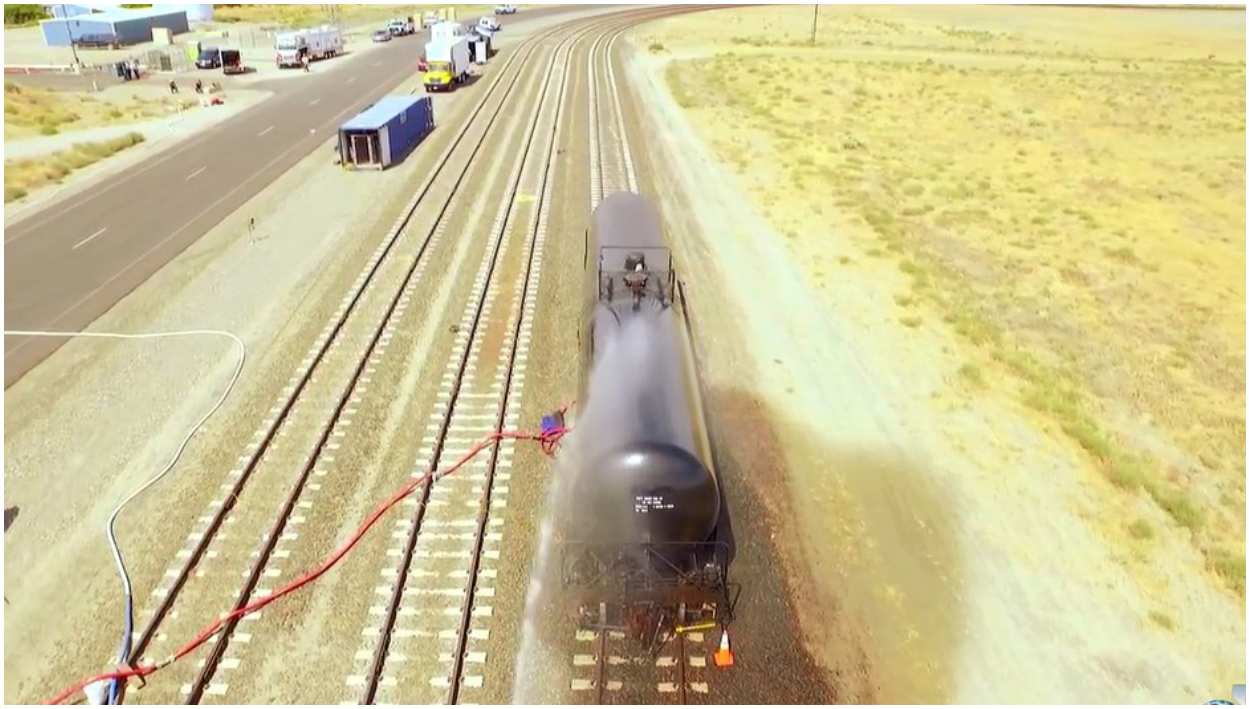
٤-افزودن مایع سرد به محتویات داغ مخزن

مایعی سرد به مخزنی که حاوی مایعی داغ بود، اضافه شد و باعث مچاله شدن مخزن گشت.

۵-سرد شدن ناگهانی مخزن داغ

هنگامی که مخزنی درحال گرفتن بخار بود، توفانی شدید وغیر منتظره آنرا با چنان سرعتی سرد کرد که هوا نتوانست با سرعت کافی به داخل کشیده شود. بنابراین مخزن به داخل مکیده شد.
در آزمایشی دیگر، بر روی مخزن داغ، آب پاشیده شد و نتیجه مشابهی بدست آمد:





هنگام خارج شدن بخار از یک مخزن، بایستی دریچه آدم رو باز باشد. برآوردی که برای ابعاد ناحیه دربرگیرنده لوله ونت انجام شده، از دایره ای به قطر ۱۰ اینچ تادایره ای به قطر ۲۰ اینچ تغییر می‌کند.
مخازنی که به آنها بخار داده شده، ممکن است برای خنک شدن به چندین ساعت وقت نیاز باشد.

٦-خطای نصب شیر فشار/خلأ

یـک شـیر فشـار / خـلاء بـه طـور نادرسـت مونتـاژ شـده اسـت ، بطـوری کـه پالـت هـای فشـار و خـلاء بـا یکدیگـر جابجـا شـده بودنـد.

شـیرها بایـد طـوری طراحـی شـوند کـه چنیـن حادثـه ای اتفـاق نیفتـد (بـه بخـش ۳/۲/۱a مراجعــه کنید).

۷-خورده شدن شیر فشار/خلأ

یک شیر خلاء/فشار توسط مواد محتوی مخزن خورده شد.

یـک مخـزن حـاوی محلـول سودسـوزآور درحـال تخلیـه، مچالـه شـد. علـت ایـن حادثـه، خوردگـی شـیر خـلأ و از کار افتادگـی آن اعـلام شـد.

۸-نصب پمپی بزرگتر جهت مخزن

پمـپ بزرگتـری بـه مخـزن وصـل شـد و محتویـات مخـزن سـریعتر از هوائـی کـه از طریـق ونـت وارد مخـزن می‌شـد، بـه بیـرون پمـپ شـد.

۹-بسته شدن اتفاقی ونت

تیم عملیات متوجه شدند که اسکرابر کوچک بخوبی کار نمی‌کند و ممکن است تا حدی مسدود شده باشد. سوپروایزر از نردبان بالا رفت ، به دریچه ونت نگاه کرد و متوجه رشد گسترده جلبک ها شد. سوپروایزر استدلال کرد که جلبك ها باید بخشی از مشکلات عملیاتي اسکرابرباشند و اگر مانع از تابش خورشید شود، جلبك ها مي‌میرند.

او یک صفحه کوچک مات PVC را دربالای دریچه ونت قرار داد تا از ورود نور خورشید به اسکرابر جلوگیری کند. با این کار او ناآگاهانه دریچه را تغییر داد. صفحه PVC که به خوبی در جای خود محکم نشده بود، باعث محدود شدن ورود هوا به داخل مخازن گشت (و تقریباً جریان ورود هوا را بطور کامل مسدود کرد). در حالیکه اسید به صورت دوره ای با دبی ۵۰ GPM (۱۱/٤ m۳ / hr) از مخزن پمپ می‌شد، فشار داخلی مخزن کاهش یافته و به دلیل خلاء جزئی حاصل، قسمت بالای مخزن به سمت داخل مچاله شد.

در کتابچه« **نقش مدیریت تغییر در پیشگیری از بسیاری حوادث صنایع فرآیندی**» که در آینده منتشر خواهم کرد، به اینگونه مورد بیشتر می‌پردازم.

۱۰-پدیده سیفون، مخزن را مچاله کرد

یک مجتمع شیمیایی برای سیستم کولینگ once-through، از حجم زیادی از آب رودخانه مجاور استفاده می‌کرد. گاهی اوقات ، مقداری سود سوز آور در آب رودخانه وجود داشت و شرکت نگران تغییر PH بود. به یک مهندس مأموریت داده شد تا اصلاحاتی را انجام دهد تا احتمال بروز آسیب به محیط زیست را کاهش دهد.

مهندس فرآیند سیستمی را طراحی کرد که هیدروکلریک اسید کلریدریک کافی را به خوبی به پساب اضافه کند تا آثار سود سوز آور را خنثی کند تا نمکی قابل قبول تر برای محیط زیست تشکیل شود. مخزن فایبرگلاس سبکی که با قطر ۲/۲ مترو ارتفاع ۲/۲ متر در دسترس بود، به همراه لوله کشی و کنترل های مربوطه نصب شد. هدف از این اصلاح ، دریافت ، ذخیره و سنجش اسید برای کنترل PH پساب بود.

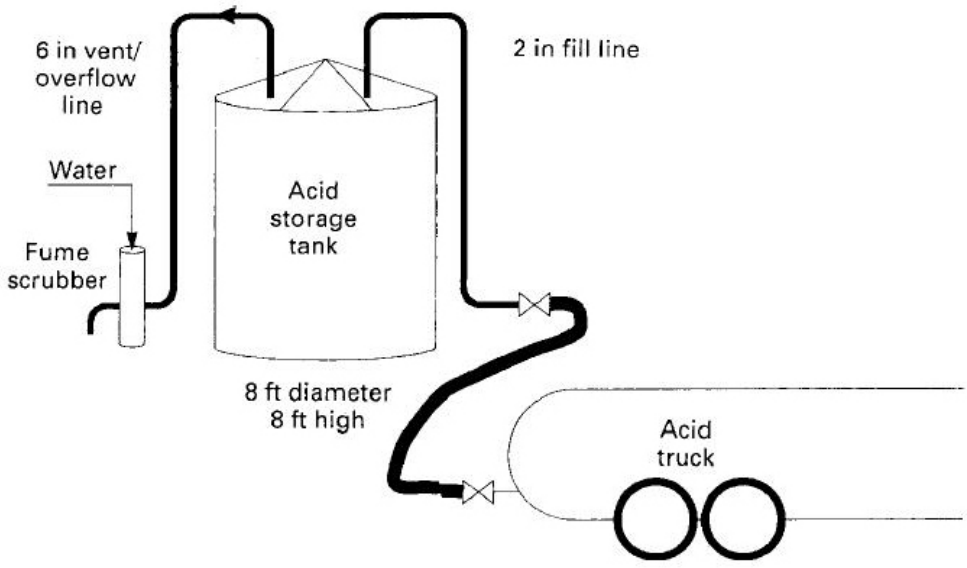
این مخزن سربسته اتمسفریک، دارای دو نازل در قسمت بالا بود.

در طی عملیات عادی ، این مخزن از طریق خط لوله، اسید رادریافت می‌کرد. همچنین، طراحی به گونه ای بود که مخزن می‌توانست اسید را ازطریق کامیون های مخزن دار دریافت کند. یکی از نازلهای بالائی، خط تغذیه ،و دیگری برای

حذف بخارات حاصل از عملیات پر کردن، به یک اسکرابر با ونت کوچک ، لوله کشی شده بود.

هدف بهبود محیط ، منحصربفرد بود بود ، اما طراحی سیستم ونت ساده دارای نقص ناشناخته ای بود که به یك سرریزشدن جزئی اجازه می‌داد مخزن را ناگهان و کاملاً نابود کند. از آنجا که پروژه مخزن اسید بسیار ساده بود ، این پیشنهاد به راحتی پذیرفته شد و هیچ کس نپرسید: «**اگر مخزن ذخیره اسید توسط یک کامیون مخزن پر شود ، چه اتفاقی می‌افتد؟** »

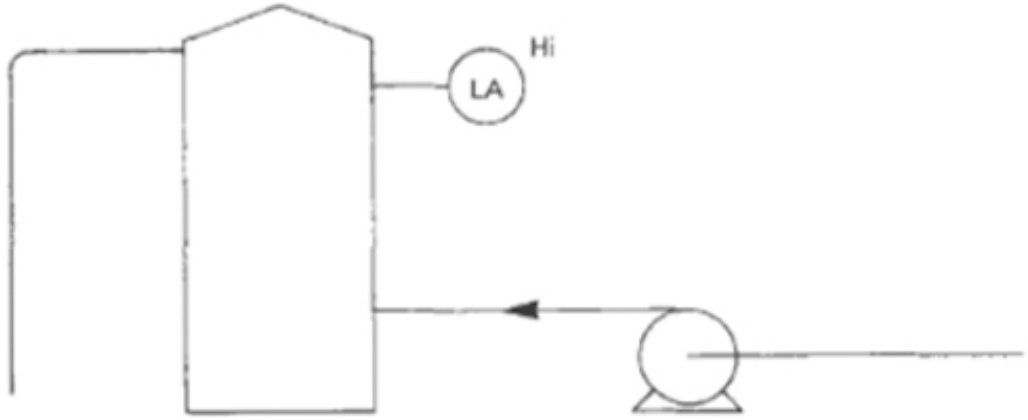
همانطور که خواهیم دید، بسیاری از مشکلات پیش بینی نشده در مورد تجهیزات، آنقدر ساده رخ داده است که بررسی جزئیات این پیشنهاد است در سالهای گذشته غیر ضروری تلقی شده بود.
حدود یک سال پس از بهره‌برداری ازاین سیستم ، به جای اینکه مخزن توسط خط لوله معمولی تغذیه شود ، از طریق یک کامیون مخزن دار پر شد. در حین تخلیه تانکر کامیون ، سطح اسید در مخزن ذخیره سازی کوچک افزایش یافت. از نماینده شرکت خواسته شد مخزن را پر کند.



قبل از اینکه کامیون کاملاً تخلیه شود، اسید سرریز کرد و از طریق خط شش اینچ وارد اسکرابر شد. راننده کامیون به سرعت دریچه تحویل را روی شیر تخلیه کامیون خودرا بست. ناگهان ، خلاء جزئی ایجاد شده توسط پدیده سیفونی سرریز مایع، از خلاء قابل تحمل مخزن تجاوز کرده و مخزن ذخیره، کاملاً از بین رفت.

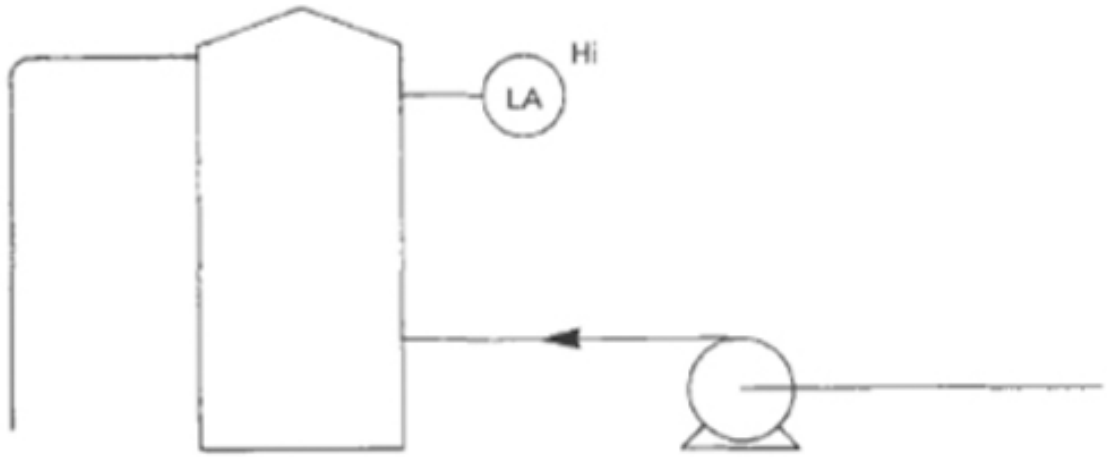
۱۱-جانمائی اشتباه اورفلو

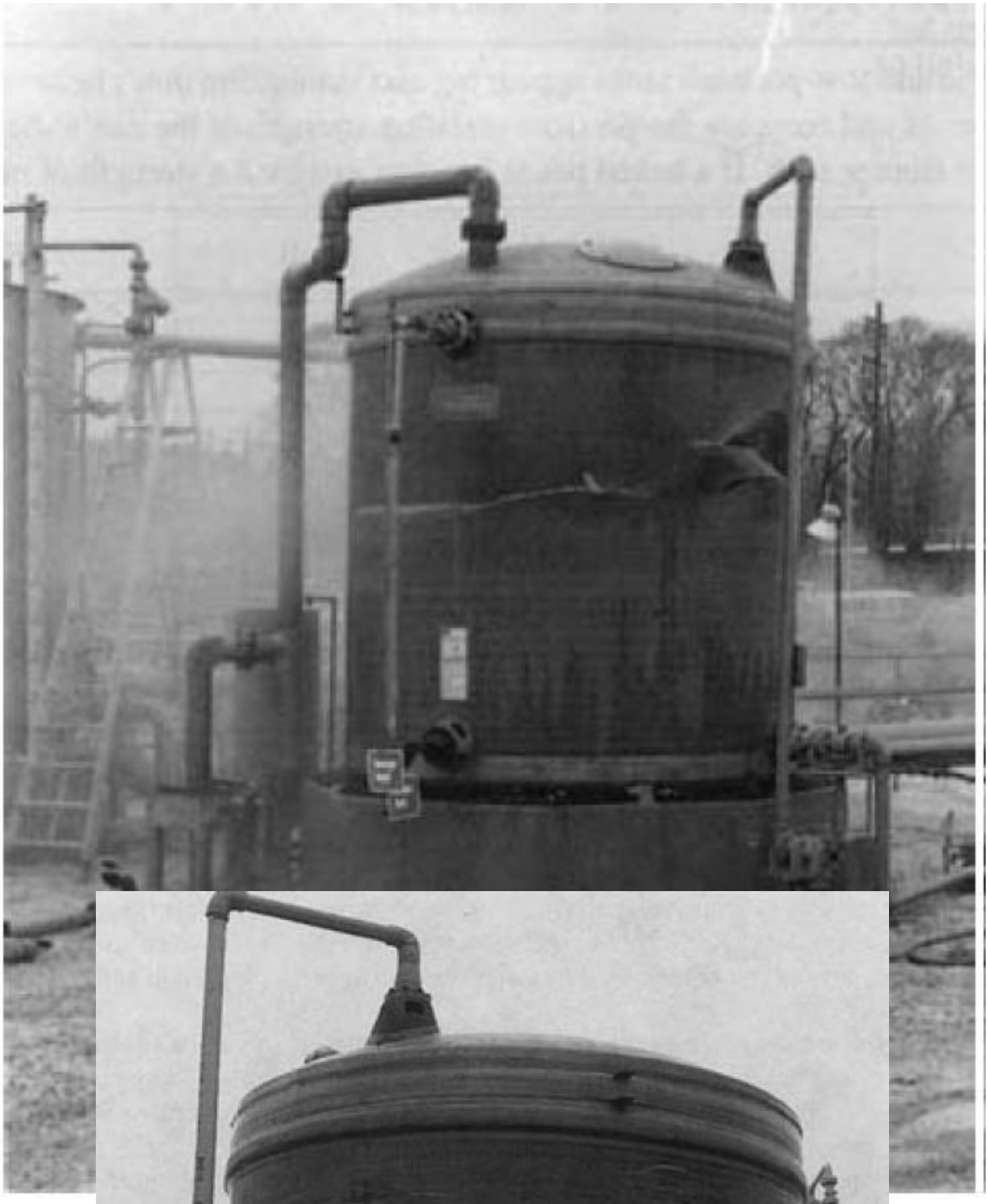
مخزنی به یک لوله overflow مجهز بود که تا سطح زمین پائین آمده بود. لوله تخلیه دیگری نیز وجود نداشت.وقتی مخزن بیش از حد پرشد، محتویات آن خالی شدند و مخزن مچاله شد.



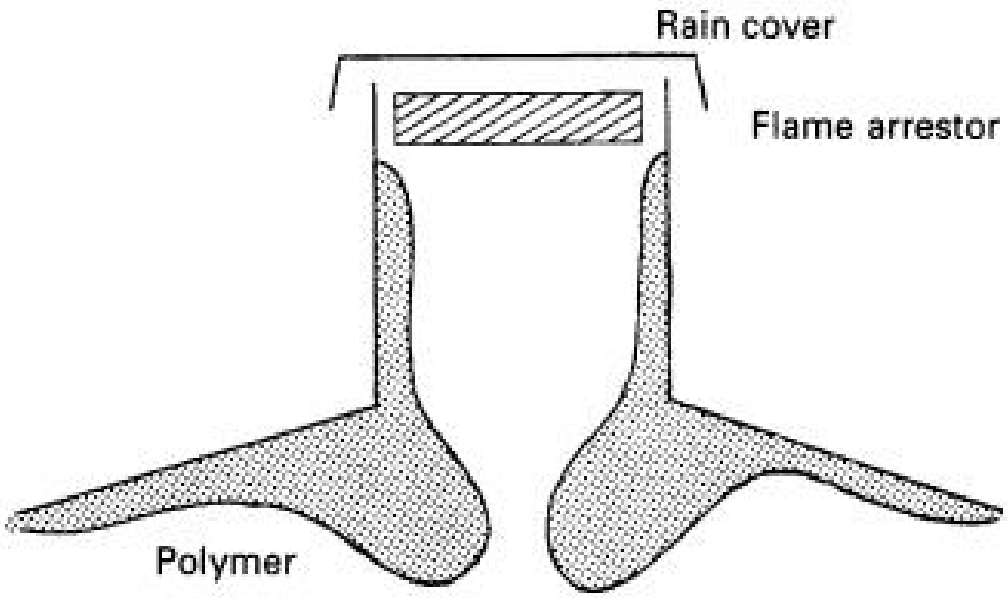
لوله اورفلو نیز نیز باید همانند لوله ونت، در سقف مخزن قرار گیرد

۱۲-بسته شدن ونت توسط محصول



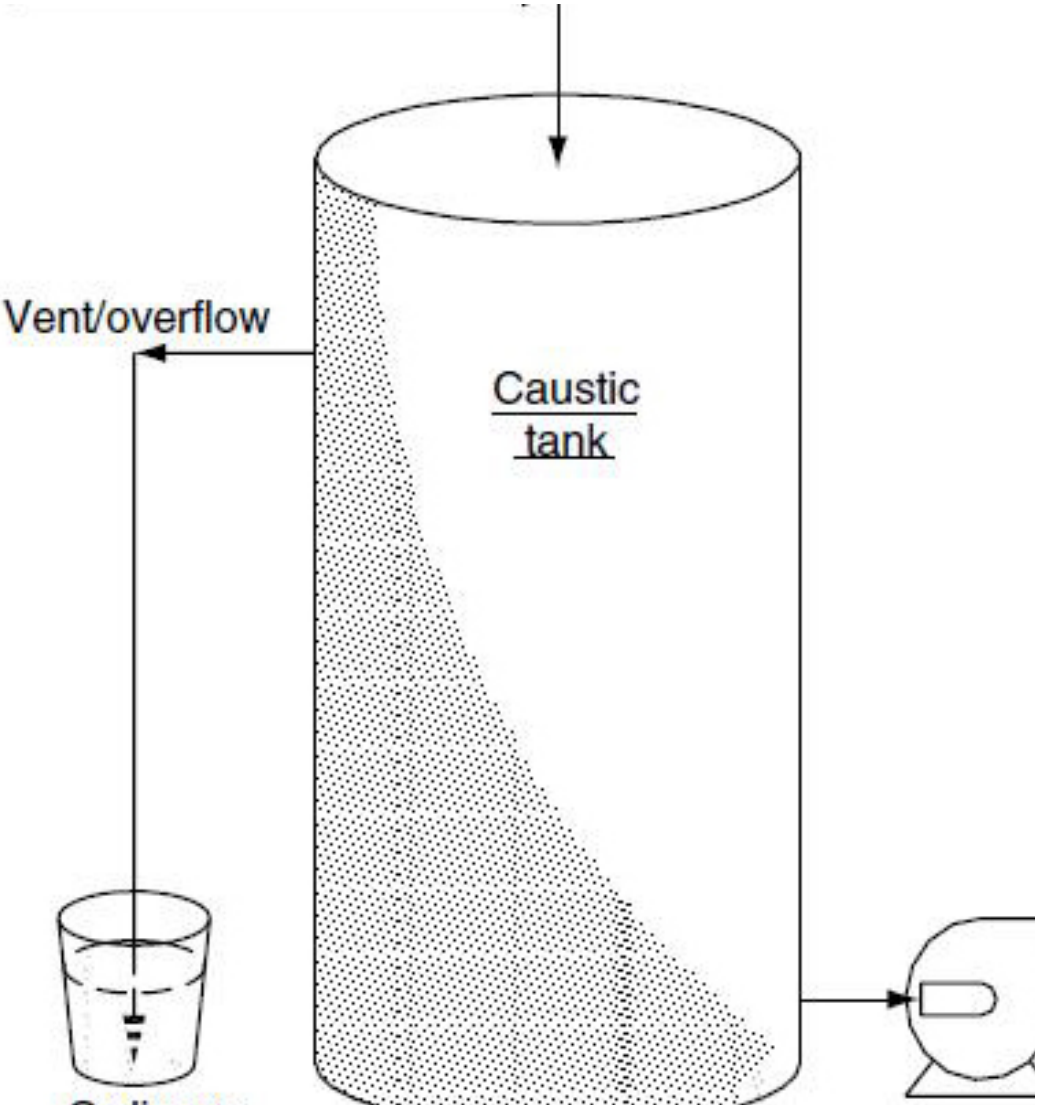


یـک ونـت توسـط یـک مـاده پلیمـری تقریبـاً مسـدود شـده بـود. بـه منظـور جلوگیـری از پلیمریزاسـیون مایـع داخـل مخـزن، مـواد بازدارنـده بـه آن افـزوده شـد.اما بخـاری کـه روی سـقف، کندانـس شـده بـود، حـاوی مـاده بازدارنـده نبـود. لولـه تخلیـه مرتـب مـورد باررسـی قـرار می‌گرفـت امـا بـه مـاده پلیمـری توجهـی نمی‌شـد.
در حـال حاضـر جهـت اطمینـان از بـاز بـودن مسـیر ونـت، یـک میلـه چوبـی را داخـل آن فرو می‌برنـد(سـردیگر میلـه بایـد قطـور درنظـر گرفتـه شـود تـا میلـه نتوانـد بـه داخـل مخـزن بیفتد)



۱۳-ویرانی یک مخزن توسط یک سطل آب

تیـم عملیاتـی یـک کارخانـه شـیمیایی علیرغـم رعایـت احتیـاط واجرای سیسـتم مدیریت تغییـر ، خجالـت زده شـد کـه بـا یـک تغییـر یـک دقیقـه ای ، یـک مخـزن عمـودی کـم فشـار ۲۱۰۰۰ گالنـی را نابـود کـرد. مخـزن بـه قطـر ۱۲ فوتـی بـا اسـتفاده از یـک سـطل ۵ گالنـی حـاوی مقـدار کمتـری آب، از بیـن رفـت و هیـچ چیـزی قابـل بازیافـت نبود.
ایـن مخـزن بـه منظـور دریافـت دوره ای یـک محلـول سـود سـوزآور قـوی از یـک ماشـین ریلـی طراحـی شـده بـود. لولـه ورودی بـه بـالای مخـزن متصـل شـده بـود. هنگامـی کـه مخـزن ماشـین تخلیـه شـد ، خـط خـوراک ازایسـتگاه تخلیـه بـا بخـار کـم فشـار بخـارزده شـد تـا خـط را پـاک کـرده و از یـخ زدگـی خـط انتقـال جلوگیـری کنـد.



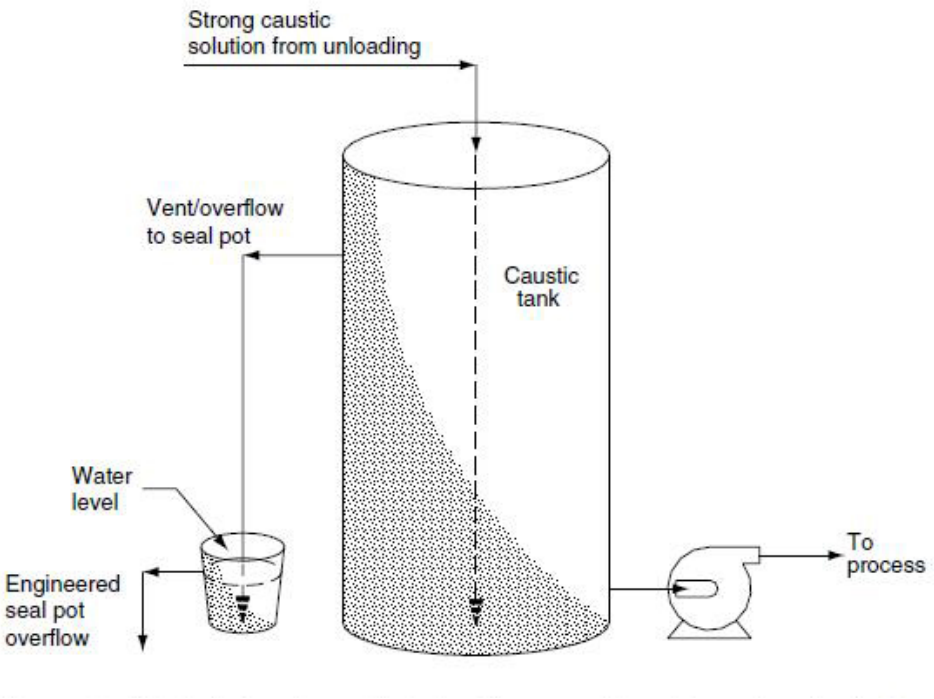
یک سطل آب منجر به ویرانی یک مخزن شد

با این حال ، در طی فرایند بخارزنی ، مقداری بخار و هوا ، گردی ایجاد کرد که حاوی مقادیری از سود سوز آور بود که از خط سرریز پخش شده بود. اگر کسی در حین پخش این مخلوط در هوا، در مجاورت آن بود ، شاید احساس «نیش زنبور» را تجربه می کرد.

یک کارگر ماهر یک سطل پلاستیکی ۵ گالری معمولی را در آن خط سرریز قرار داد و آن را با آب پر کرد. به این ترتیب ، بخار و هوای عبوری از آب سطل باید حباب ایجاد کند و هر ذرات سود سوز آور احتمالی را جذب کند.

به هر حال ، خط سرریز به عنوان ونت نیز عمل می کرد. به طور خلاصه ، در یکی از زمانهایی که مخزن در حال پمپاژ به خارج بود، مخزن مچاله شد. آب موجود درسطل زیر خط سرریز ، مسیر ونت را بسته ، مانع ورود هوای جایگزین به داخل

مخـزن شـده و خـلاء جزئـی حاصـل از آن چنـان شـدید بـود کـه مخـزن کامـلاً از بیـن رفـت.
هیـچ بخشـی از مخـزن آسـیب دیـده قابـل اسـتفاده مجـدد نبـود. مخـزن جدیـدی کـه جایگزیـن مخـزن آسـیب دیـده شـد، دارای پیشـرفت هایـی بـرای جلوگیـری از بروزحالـت بـه اصطـلاح «نیـش زنبـور» بـود. نصـب جدیـد در شـکل زیـر نشـان داده شـده اسـت. خـط ورودی سـود سـوزآور لولـه قائمـی اسـت کـه بـه نزدیکـی کـف مخـزن منتهـی می‌شـود. سـطل را بـا یـک seal pot درسـت و مهندسـی شـده جایگزیـن کردنـد. سـطح آب در seal pot بـه انـدازه کافـی کـم عمـق اسـت کـه اجـازه می‌دهـد تـا مخـزن هنگامـی کـه در عملیـات پمپـاژ، بـه شـرایط کـم فشـار یـا خـلأ می‌رسـد، هـوا را بـه داخـل بکشـد.



طراحی جدید درست و مهندسی شده مخزن با یک seal pot

۱۴-واکنش به سمت حجم کمتر

در یـک حادثـه دیگـر، یـک مخـزن حـاوی محلـول آمونیـاک و آب خالـی و تمیـز شـد. بعـد از اینکـه کارگـران مخـزن آمونیـاک مایـع را خالـی کردنـد ، آب را بـرای شستشـو، بـه مخـزن اضافـه کردنـد. بخـار آمونیـاک موجـود در مخـزن آنقـدر سـریع در آب حـل شـد کـه هـوا نتوانسـت از طریـق ونـت، وارد مخـزن شـده، جایگزیـن بخـار حـل شـده گـردد تـا از مچالـه شـدن مخـزن جلوگیـری کنـد.
مهندسـان بـا انجـام محاسـبات، دریافتنـد کـه در حادثـه یـاد شـده، یـک ونـت بـه قطـر حـدود ۳۰ اینـچ (۷۶ سـانتی متـر) می‌توانسـت مانـع از مچالـه شـدن مخـزن بـه دلیـل

خلاء حاصل از جذب بخارآمونیاک شود. از آنجا که نصب یک ونت غول پیکر عملاً امکانپذیر نیست، به این نتیجه رسیدند که باید آب به آرامی از طریق یک اوریفیس محدود کننده اضافه می‌شد.

از آنچه اشاره شد در می‌یابیم که با تهیه فهرستی از کارهایی که باید انجام شده یا نباید انجام شوند یا از طریق تغییر طرح‌ها جز در چند مورد نمی‌توان از مکیده شدن مخازن به داخل جلوگیری کرد. تنها با بالا بردن میزان علم و آگاهی افراد درباره مقاومت مخازن ذخیره سازی و روش کار آن ها می‌توان از وقوع چنین حوادثی جلوگیری نمود و این نکته را همیشه در نظر داشت که نگهداری و بازرسی روتین روزمره ، همانند بازرسی های دوره ای، یک ضرورت است....

*مطالب کاملتر و متنوع تری را در آینده در کتابی که به نام «**مخازن بیمار**» منتشر خواهم کرد مطالعه فرمائید.*

نکاتی را که تحت عنوان «مخازن مچاله» از نظر گذراندید، فصلی از کتاب «مخازن بیمار» است.

همچنین، شایان ذکر است که مطالب کتاب **مخازن بیمار**، بخشی از دوره آموزشی «**آموزه های حوادث فرآیندی-تجهیزاتی صنایع شیمیائی**» است که توسط گروه مشاوره مهندسی شهر ایمن برگزار خواهم کرد.