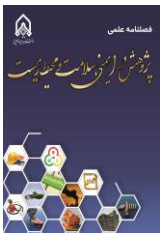
فصلنامه علمی پژوهش در ایمنی، سلامت و محیط زیست / سال ۱۴۰۴/ دوره ۳/ شماره ۱/ صفحه ۵۹-۶۴

فصلنامه علمی پژوهش در ایمنی، سلامت و محیط زیست



# ارزیابی ریسک حذف اسیدسولفوریک ناشی از واکنش نیتراسیون با آمونیاک با استفاده از روش HAZOP و نرم‌افزار Wiser

**حمید ایثاری نیا [۱*] سیدرضا کریمی [۲*]**

[۱] کارشناس ارشد ایمنی، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تهران ایران

[۲] استادیار گروه امینی، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تهران ایران

## چکیده

همواره حذف اسید از فرایندهای شیمیایی یکی از اقدامات ضروری در ارتقای ایمنی بوده است. در فرایندهای نیتراسیون میزان زیادی اسیدسولفوریک باقی می‌ماند؛ بنابراین هدف اصلی این تحقیق ارزیابی ریسک با روش HAZOP در فرایند خنثی‌سازی اسیدسولفوریک است. روش تحقیق استفاده از روش ارزیابی ریسک Hazop و استفاده از نرم‌افزار Wiser است. بر اساس یافته‌ها در فرایند خنثی‌سازی ۳۴ ریسک وجود دارد که ۱۱ ریسک این فرایند ریسک‌های غیر قابل قبول و پر خطر می‌باشند. در این میان ریسک‌های حوزه دما و خوردگی جز ریسک‌هایی هستند که بالاترین تعداد ریسک‌ها را به خود اختصاص داده اند. لذا در این فرایند سامانه خنک کاری موثر و برنامه نگهداری وتعمیرات از ضروری ترین الزامات می‌باشد.

## مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

نوع مقاله: علمی

دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۸

بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۱۵

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۹

ارائه آنلاین: ۱۴۰۴/۰۳/۲۵

*نویسنده مسئول: heira@chmail.ir

کلیدواژه‌ها:

ارزیابی ریسک، اسیدسولفوریک، خوردگی HAZOP, wiser، نیتراسیون

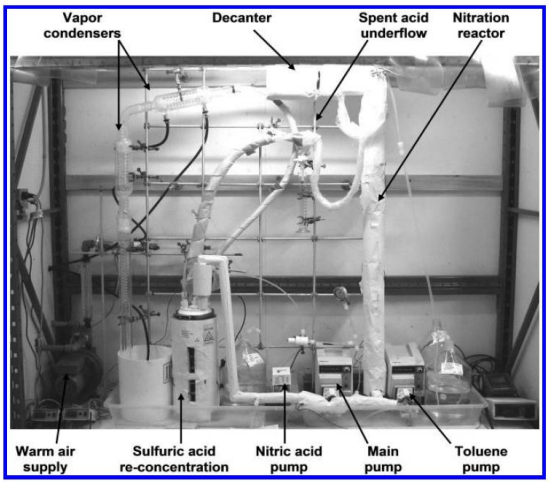
ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

© نویسندگان

این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License- CC BY) در دسترس شما قرار گرفته است.

## ۱- مقدمه

اسیدسولفوریک ماده ای است خورنده و در صورتی که بدون خنثی‌سازی در محیط زیست رها شود موجب آلودگی خاک و آب می شود. همچنین در صورت رها سازی در زمین کشاورزی، آن را را مورد آسیب قرار می دهد. نیتره کردن که به منظور واکنش یک ماده شیمیایی با اسید نیتریک می باشد موجب افزایش قدرت مواد وتولید مواد شیمیای پر انرژی می گردد. بسیاری از واکنش هایی که در صنعت استفاده می شود نیتراسیون است (شکل ۱)، واکنشهای نیتراسیون در تولید TNT و برخی از مواد نظامی یک فرایند اساسی است [1]. نیتراسیون در تولید مواد منفجره و پیشرانه کاربرد زیادی دارد[2]. در غالب واکنش های نیتراسیون از ترکیب اسیدسولفوریک واسید نیتریک جهت واکنش استفاده می شود، اسیدسولفوریک بدون انکه مصرف شود از محیط واکنش خارج می شود[2].




شکل ۱. نمای خط فرایند نیتراسیون

## ۲-مبانی نظری تحقیق

در برنامه هفتم توسعه جمهوری اسلامی در مواد ۴۵ و ۴۶به موضوع ارزیابی اثرات محیطزیستی EIA و ارزیابی راهبردی محیطزیست پرداخته شده است. در ماده ۴۵ برنامه هفتم توسعه بیان شده: کلیه طرح ها و پروژه‌های بزرگ جدید و توسعه‌ای تولیدی مورد ارزیابی محیط زیستی قرار گیرد و درماده ۸۴ برنامه مذکور نیز بررعایت استانداردهای زیست‌محیطی در تولید فراورده‌های نفتی وپالایشی مورد تاکید قرار گرفته است [3]. اسولفوریک اسید یکی از پر مصرف‌ترین مواد در صنایع است، وزن مولکولی ۹۸ رنگ بی رنگ، دارای نقطه انجماد ۱۰ درجه سلسیوس و نقطه‌جوش ۳۳۷ درجه سلسیوس است. این ماده دارای دانسیته 1.803گرم بر سانتی متر مکعب است، در خصوص این ماده اسنادی ایمنی که وجود دارد و پاره‌ای از مشخصات بیان شده در MSDS[1] این ماده به شرح ذیل است: دوز کشنده این ماده از طریق استنشاق بخارات 347 mg/m3 در ۱ ساعت می‌باشد. حد مجاز تماس شغلی 0.2mg/m3 می‌باشد. دقت شود که به‌هیچ‌عنوان حد تماس بالاتر از 20 ppm نباشد. پوست را می‌سوزاند و موجب سرگیجه می‌گردد. برای حفاظت پوست جهت جلوگیری از جذب بخارات، کارکنان باید لباس‌های ضد اسید، بدون منفذ بر تن کنند. لوزی خطرات این ماده بر اساس NFPA در شکل ۲ نشان شده است.

شکل ۲. لوزی خطرات اسیدسولفوریک

در صورت پاشش، مصدوم باید حداقل ۲۰ دقیقه با آب خالص بدن خود را شستشو دهد و سپس بدن را با بی‌کربنات سدیم ۵٪ مالش دهد و در صورت پاشش زیاد مصدوم باید به مدت ۴۰ دقیقه زیر دوش ایمنی شستشو شود. قسمت‌های صدمه‌دیده خشک گردد و بیمار به درمانگاه منتقل شود. برای حفاظت دست در سطح زیاد از دستکش‌های ضد اسید PVC به ضخامت 0.7 mm برای زمان تماس کمتر از 480 mm استفاده شود. برای حفاظت دست در سطح کم از دستکش‌های جراحی به ضخامت 0.7 mm برای زمان تماس کوتاه استفاده شود. استفاده از دستکش‌های از جنس نئوپرن نیز در تماس‌های کوتاه‌مدت بلامانع است. استاندارد شکل فنی دستکش‌ها مطابق با الزامات EN 337 می‌باشد. در صورت حریق در انبار باید از سیستم تهویه صنعتی SCBA استفاده کرد و انبار باید مجهز به سامانه اطفا حریق هیدرانت باشد[4] .

[1] Material safety data sheet

## ۳-روش تحقیق

در ابتدا در wiser به بررسی اثرات ماده پرداخته شده و سپس ارزیابی ریسک با روش HAZOP ارائه شده است. پایگاه اطلاعاتی wiser یک نرم‌افزار شامل ۵۲۵۶ ماده شیمیایی بیولوژیکی و... بوده، ویژگی‌های کامل مواد موجود را اعم از خواص شیمیایی، فیزیکی و...را نمایش می‌دهد . [4]

روش‌های زیادی برای شناسایی مخاطره فرایندی وجود دارد، اما روش HAZOP تکنیک قوی برای شناسایی مخاطرات است، این روش تلاش‌های یک تیم باتجربه را در بر می‌گیرد، این تکنیک دارای قدرت بالایی در شناسایی مشکلات مخاطراتی، ایمنی و زیست‌محیطی است[5]. یکی از پرکاربردترین روش های شناسایی مخاطرات و مشکلات راهبری در واحدهای صنایع شیمیایی، HAZOP است. این روش در دهه ۷۰ میلادی بوسیلهٔ Imperial Chemical Institute ابداع شد و در اصل برای پیش‌بینی خطرات و مشکلات عملی فن‌آوری هایی استفاده می‌شد که سازمان‌ها و مؤسسات زیربط شناخت و تجربهٔ کافی در آن زمینه نداشتند. اما پس از آن، در صنایع گوناگون از جمله صنایع شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت. به عنوان یک تعریف برای HAZOP می‌توان گفت:"جستجوی روشمند فرآیند، اهداف طراحی و دستگاه ها برای کشف امکان خطا و یا عملکرد نامطلوب و پیامدهای آن برکل مجموعه را مطالعه مخاطرات و راهبری گویند [6]. انجام HAZOP فعالیتی کاملاً گروهی است و درآن افرادی با تخصص‌های گوناگون برای رسیدن به یک هدف همکاری می‌کنند. هدف، داشتن واحدی بی خطر می باشد.

انجام این روش با تجزیه‌کردن واحد موردنظر به اجزاء کوچک که هرکدام یک گره نامیده می‌شوند، آغاز می‌شود. یک گره معمولاً متشکل از یکی از تجهیزات فرایندی به همراه الحاقات و اتصالات آن است. همچنین گره می‌تواند تکه‌ای از لوله و الحاقات آن در نظر گرفته شود. انتخاب گره بستگی به میزان ریزبینی مطلوب و اطلاعات موجود نیز دارد. پس از انتخاب گره سعی می‌شود تمام مخاطرات یا اشکالات عملیاتی مربوط به آن ناحیه در نظر گرفته شود.

برای پوشاندن تمامی حالات ممکن این جستجو به گونه‌ای روشمند انجام می‌شود. بدین معنی که با استفاده از دسته‌ای از کلمات راهنما و اعمال آنها بر پارامترهایی چون دما، فشار و سطح امکان بوجود آمدن انحراف از هدف طراحی یا حالت نرمال عملیاتی بررسی می‌شود. در صورت امکان بوجود آمدن چنین انحرافی، در طی یک فرآیند کاملاً خلاقانه سعی می‌شود تمامی عللی که ممکن است منجر به این انحراف شوند، آشکار شده و عواقب محتمل این انحراف بر روی فرآیند، مشخص گردد. سپس عوامل محافظ موجود برای جلوگیری از رخداد عواقب نامطلوب پیش بینی شده، بررسی می‌شوند. در پایان و در صورت ناکافی بودن محافظها برای جلوگیری و یا مقابله با آن انحراف، پیشنهاداتی ارائه می‌شود. برای مثال از ترکیب کلمهٔ کلیدی NO وپارامتر جریان (FLOW) حالتی بررسی می‌شود که جریان ورودی به گره مورد مطالعه قطع شده است. علل نرسیدن جریان، عواقب آن و راهکارهایی برای تضمین وجود جریان در طی یک فرآیند خلاقانه بوسیله گروه بررسی کننده،اعلام می‌شود [5]. در این تحقیق برای وزن دهی به شاخص‌های ریسک و استاندارد سازی روش کار از استاندارد مدیریت ریسک ECSS-M-ST-80-C استفاده شده است، در استاندارد بیان شده شدت ریسک در ۵ سطح از۱ تا ۵ سطح بندی گردیده (جدول ۱) که سطح ۵ بدترین وسطح۱ کمترین پیامد است. احتمال وقوع ریسک در ۵ سطح از Aتا E سطح بندی شده است که در آن سطح Aکمترین وسطح E بیشترین احتمال وقوع را دارد[7].

جدول ۱- سطح بندی ریسک مطابق با استاندارد ECSS

| | | شدت | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| احتمال | E | پایین | متوسط | بالا | بسیار بالا | بسیار بالا |
| | D | پایین | پایین | متوسط | بالا | بسیار بالا |
| | C | بسیار پایین | پایین | پایین | متوسط | بالا |
| | B | بسیار پایین | بسیار پایین | پایین | پایین | متوسط |
| | A | بسیار پایین | بسیار پایین | بسیار پایین | بسیار پایین | پایین |

همچنین در استاندارد مذکور جدول ۲ بعنوان ملاک رد یا قبول ریسک بیان شده که جدول زیر برگرفته از آن است.

جدول ۲- ملاک پذیرش ریسک

| Risk list | Risk size | Action |
|---|---|---|
| E4,E5,D5 | Very high | Unacceptable |
| E3,D4,C5 | high | Unacceptable |
| E2, D3, C4, B5 | medium | Unacceptable, management permission |
| E1, D1,D2,C2,C3,B3,B4,A5 | low | Accept |
| C1, B1, A1, B2, A2, A3, A4 | very low | Accept |

## ۴- یافته‌ها

همان‌طور که در بالا بیان شد در برنامه هفتم توسعه باید پیوست‌های زیست‌محیطی برای طرح‌های تولیدی دیده شده، همچنین ضرورت حفظ منابع ایجاب می‌کند که مواد و منابع به‌صورت بهینه استفاده شود. یکی از راه‌های حذف اسیدسولفوریک، خنثی‌سازی با واکنش آمونیاک ۲۵٪ با اسیدسولفوریک دیده شده است.

جهت ارزیابی ریسک قبل از هر کاری ترسیم P&ID[۲] و مطالعه آن و تقسیم آن به گره‌های موردبررسی است.[5] . این مرحله به ۳ گره تقسیم گردید و ریسک های آن مورد بررسی قرار گرفت.

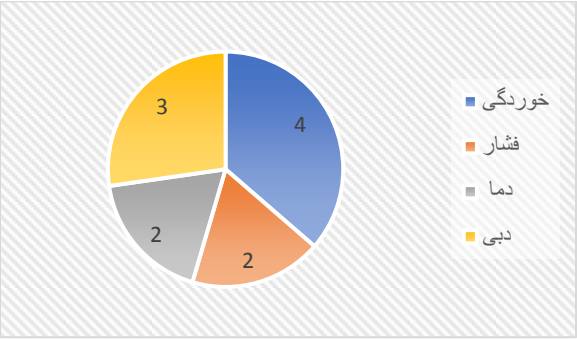
این ماده در تماس با چشم موجب سوختگی می‌شود باید از عینک یا شیلد ۸ اینچی استفاده کرد، از لباس کار ودستکش ضد اسید نئوپرن یا پی وی سی استفاده کرد، در محل کار باید دوش وچشم شورنصب شود. حد نصاب IDHL[۳] برابر با ۱۵ میلی گرم بر متر مکعب است و حد نصاب شغلی این ماده۰,۲ میلی گرم بر متر مکعب است. دانسیته بخارات بیش از ۳ برابر هوا است، در صورت نشت در خاک موجب تخریب خاک شده و در صورت نشت و واکنش گاز دی اکسید گوگرد آزاد می سازد. در صورت نشت به آب حتما اقدام جهت خنثی‌سازی و کنترل PH صورت پذیرد. با توجه به ضرورت واحد خنثی‌سازی و سادگی این فرایند به ۲ گره تقسیم شده و ارزیابی ریسک صورت پذیرفت. معیار پذیردش یا رد بر اساس جدول ۲ می باشد. در این فرایند تعداد ۳۴ ریسک شناسایی شد، که در ادامه به شرح کامل ارزیابی ریسک پرداخته می شود. جدول ۳ ریسکهای شناسایی شده را نشان میدهد.

جدول ۳- تعداد ریسک‌های شناسایی شده

| معیار رد یا پذیرش و | سطح ریسک | تعداد ریسک و پذیرش ریسک | |
|---|---|---|---|
| E4,E5,D5 | بسیار بالا | 1 | رد |
| E3,D4,C5 | بالا | 10 | رد |
| E2, D3, C4, B5 | متوسط | 5 | مشروط |
| E1, D1,D2,C2,C3,B3,B4,A5 | پایین | 4 | پذیرش |
| C1, B1, A1, B2, A2, A3, A4 | بسیار پایین | 14 | پذیرش |

## ۵- بحث و نتیجه گیری

از مجموعه تعداد ۳۴ ریسک شناسایی شده ۱۸ ریسک قابل قبول می باشند و۱۱ ریسک قرمز رنگ می باشند که غیر قابل قبول و پر خطر است که ۴ ریسک غیر قابل قبول ریسک مربوط به خورندگی است. پس از ریسک های حوزه خوردگی بیشترین ریسک های غیر قابل قبول در حوزه فشار می باشد. نمودار ۱ میزان تجمعی ریسک های غیرقابل قبول را نشان می دهد.

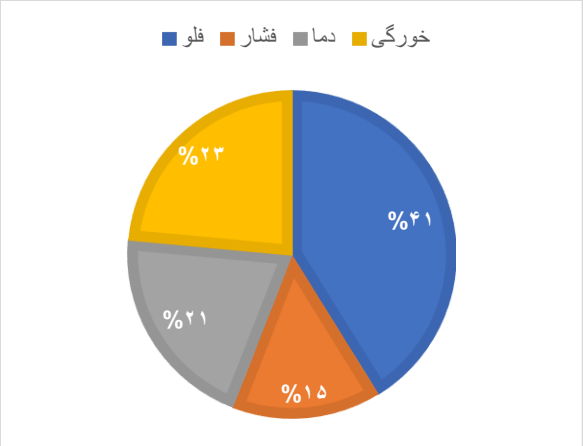



نمودار ۱- نمودار تجمعی ریسکهای غیر قابل قبول

از مجموعه ۳۴ ریسک ۱۴ تا مربوط به کلید واژه فلو، ۵ ریسک مربوط به فشار و ۷ ریسک مربوط به دما می باشدو ۸ ریسک مربوط به خوردگی می باشد. نمودار ۲ تعداد کل ریسک ها را نشان می دهد.

[2] Piping and instrument diagram

[۳] حد نصاب تماس یک ساعته است .




نمودار ۲- تجمعی کل ریسک ها

نمودارهای ۲ و۳ نشان می دهد که بیشترین تعداد ریسک های مربوط به خوردگی می باشد. همچنین بیشترین ریسک های قرمز پس از دبی نیز مربوط به ریسک های خوردگی است.

در طراحی واکنش گاه و پایپینگ باید نرخ خورگی جهت عمر مفید در نظر گرفته شود و میزان ضخامت بر مبنای طول عمر طراحی میزان نرخ خوردگی در طراحی مدنظر قرار گیرد.

بعلاوه ریسک‌های حوزه دما نشان می‌دهد باید در این فرایند از یک سامانه خنک‌کاری باقابلیت اطمینان بالا استفاده شود؛ زیرا در این حوزه ریسک‌های زیادی وجود دارد که نیاز به کنترل دارد؛ لذا پیشنهاد می‌گردد:

۱.فلومتر دقیق در این فرایند بکارگیری شود

۲.دماسنج های دوبل به منظور افزایش قابلیت اطمینان و کنترل صحیح نصب شود.

۳.برنامه ضخامت سنجی در دستور کار قرار گیرد.

۴.نرخ خوردگی به عنوان یکی از ورودی های طراحی در انتخاب جنس و ضخامت واکنش گاه و مسیرها مد نظر قرار گیرد.

## مراجع

[1] Chemistry, Process Design, and Safety for Nitrate Industry, American Chemical Society, Washington D.C., 2013.
[2] Nitrate Ester Chemistry and Technology, Beijing, China, 2017.
[3] Islamic Republic of Iran Parliament Research Center, Seventh Development Plan of the Islamic Republic of Iran, Tehran, Iran, 2023. (In Persian)
[4] R. Khoram, "Consequence modeling of cyanogen release in the vicinity of Bushehr nuclear power plant using PHAST, ALOHA, and WISER software," Iranian Occupational Health Journal, 2019. (In Persian)
[5] H. Isarinia et al., "PHAST Modeling and HAZOP Risk Assessment for NTO Tank in Liquid Propellant Stand," International Journal of Reliability, Risk and Safety (IJRRS), [Online].
[6] F. Miraj et al., "Hazard study, HAZOP operation management, and risk analysis of Khorasan Petrochemical Ammonia Unit," presented at the Iranian Chemical Engineering Congress, 2013. (In Persian)
[7] ECSS-M-ST-80C, Risk Management Standard, European Cooperation for Space Standardization (ECSS), 2012.

Journal of Research in safety, health and environment/ 2025/ Vol.3/ No.1/ 59-64

Journal of Research in safety, health and environment

# "A Risk Assessment of Sulfuric Acid Hazards Arising from the Nitration Reaction with Ammonia Using HAZOP Methodology and WISER Software"

Hamid Isarinia [1] * Seyed Reza Karimi [2]

1. Senior Safety Officer, Imam Hussein (AS) University, Tehran, Iran heira@chmail.ir
2. PhD in Environment, Imam Hussein University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

*Article history:*
Article Type: Research paper
Received: 29 October 2021
Received in revised form: 7 December 2021
Accepted: 8 December 2021
Available online: 13 December 2021
*Correspondence: heira@chmail.ir
*Keywords:*
sulfuric acid
HAZOP
WISER
Corrosion
Risk assessment
Nitration
...

ABSTRACT

The elimination of acids from chemical processes has always been one of the essential measures for improving safety. In nitration processes, a significant amount of sulfuric acid remains unreacted. Therefore, the main objective of this study is to assess the risks associated with the sulfuric acid neutralization process using the HAZOP method. The research methodology involves applying HAZOP risk assessment and utilizing WISER software. According to the findings, 34 risks were identified in the neutralization process, of which 11 were classified as unacceptable and high-risk. Among these, temperature-related and corrosion-related risks accounted for the highest number of hazards. Consequently, an effective cooling system and a comprehensive maintenance program are among the most critical requirements in this process.

**Publisher:** Imam Hussein University
© **Authors**
This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).