

خطرات ناشی از ایزوسیاناتها در صنعت پلی یورتان "موارد ایمنی و روشهای انبارداری"

Health Hazards of Isocyanates in Polyurethane Industry, Safety and Storage of TDI

حسین محراب بیگی

مرکز تحقیقات جهاد سازندگی، بخش مهندسی شیمی

جدول ۱ - ایزوسیاناتها و علامتهای اختصاری آنها [1]

TDI	۱ - تولوئن دی ایزوسیانات
MDI	۲ - دی فنیل متان دی ایزوسیانات
HDI	۳ - هگزامتیلن دی ایزوسیانات
HMDI	
NDI	۴ - نفتالین دی ایزوسیانات
IPDI	۵ - ایزوفورن دی ایزوسیانات
---	۶ - دی سیکلو هگزیل اتان ۴۴ - دی ایزوسیانات

مهمترین کاربرد ایزوسیاناتها در تهیه پلی یورتانهاست. نسبت در صد مصرف کل پلی یورتانها در کاربردهای مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. تخمین زده می شود که نیروی انسانی بیش از دوست هزار نفر در تولید و مصرف ایزوسیاناتها مشغول به کارند و از آنجا که کاربرد پلی یورتان در زمینه های مختلف در حال گسترش است، بر تعداد کارگران این حرفه نیز افزوده می شود. ایزوسیاناتها به دلیل اینکه موادی واکنش پذیرند، به عنوان عامل ایجاد پیوند عرضی یا عامل پخت مورد استفاده قرار می گیرند. به علت میل ترکیبی زیاد این ماده مسئولین و دست اندرکاران رده بالای کارخانه ها باید علاوه بر پیش بینی و تأمین وسایل و تجهیزات ایمنی، سطح آگاهی افراد را نیز نسبت به مضرات ایزوسیاناتها بالا برند تا از خطرات احتمالی جلوگیری شود.

بحث

گزارشهای خطرات ایزوسیاناتها

با وجود اینکه استفاده از ایزوسیاناتها در پلی یورتانها در سال ۱۹۳۷

واژه های کلیدی:

خطرات، ایزوسیاناتها، صنعت پلی یورتان، ایمنی، انبارداری

چکیده

امروزه در جهان صنعت کارخانه های بزرگ و کوچک بسیاری وجود دارند که ایزوسیاناتها را تولید می کنند یا آنها را به عنوان مواد اولیه برای تولید محصولات خود به کار می برند. ایزوسیاناتها معمولاً در تولید اسفنج و لاستیکهای پلی یورتان، لاکها، چسبها و پوششها مصرف می شوند. بنابراین، افراد زیادی با این ماده شیمیایی سر و کار دارند. از آنجا که این ماده آثار زیانباری بر سلامتی افراد دارد و در معرض قرار گرفتن بیش از اندازه سبب ناراحتیهای دستگاه تنفسی می شود، کارشناسان متعددی در زمینه آثار آن بر سلامتی انسان به مطالعه و بررسی پرداخته اند و حد مجاز ایزوسیانات در محیط کاری را 0.02 ppm پیشنهاد کرده اند و تأکید بسیار داشته اند که وجود بیش از این مقدار باعث صدمات جسمی و روانی در اشخاص می شود. از این رو، در بخش دوم مقاله موارد ایمنی و نیز روش انبارداری و نگهداری تولوئن دی ایزوسیانات که بیشترین حجم مصرف را دارد ارائه شده است.

مقدمه

ایزوسیاناتها در سال ۱۸۴۹ به وسیله ورس کشف شدند [1] و از سال ۱۹۳۷ به بعد مصرف آنها در پلی یورتانها شروع شد. در جدول ۱ انواع ایزوسیاناتها همراه با علامت اختصاری آنها نشان داده شده است. در سال ۱۹۷۸ تولید تولوئن دی ایزوسیانات، TDI، بالغ بر ۶۵۰،۰۰۰ تن و دی فنیل متان دی ایزوسیانات، MDI، ۴۵۰،۰۰۰ تن بوده است که این دو نوع ایزوسیانات نسبت به سایرین حجم تولید بیشتری را داشته اند [1].

Key Words: hazards, isocyanates, polyurethane industry, safety, storage

شروع شد، ولی در سال ۱۹۵۱ بود که نخستین مقاله‌های پزشکی درباره رعایت مسایل بهداشتی و ایمنی در صنایع و حرفه‌هایی که با ایزوسیاناتها سروکار دارند نوشته و منتشر شد. تعداد گزارشهای مربوط به آثار زیانبار ایزوسیاناتها بر افراد در سال ۱۹۵۰ بسیار بیشتر از سال ۱۹۷۰ است. در حال حاضر، توجه بیشتری نسبت به تشریح مضرات ایزوسیاناتها و رعایت کردن مسایل ایمنی می‌شود.

جدول ۲ - درصد مصرف ایزوسیاناتها در کاربردهای مختلف پلی یورتان [1]

درصد	موارد استفاده پلی یورتان
۴۰	میلان، لایه تشک، اسفنج
۲۰	اتومبیل
۱۱	ساختمان
۶	یخچال
۴	کفش
۶	منسوجات
۵	پوشها
۸	متفرقه

فوکس نتیجه مشاهدات خود را در مورد تنگی نفس افراد بر اثر تماس با ایزوسیاناتها گزارش کرده است [3]. گزارش او نشان می‌دهد از هر نه نفری که در معرض ایزوسیاناتها قرار گرفته‌اند هفت نفر دچار تنگی نفس شده‌اند.

در سال ۱۹۵۲ رینل مواردی از مشکلات تنگی نفس را در هفده کارگر که در معرض TDI یا سایر ایزوسیاناتها قرار گرفته بودند گزارش کرد [4]. سیزده نفر از این افراد دچار مسمومیت شدید شده بودند که یک نفر از آنها در اثر آلودگی و تماس بسیار زیاد به علت عدم کاربرد وسایل حفاظتی جان خود را از دست داد.

گزارشهای زیادی نیز در سال ۱۹۵۰ به چاپ رسید که حاکی از مشکلات سلامتی و تنگی نفس اولیه کارگرانی بود که در کارخانه‌های اسفنج پلی یورتان، لاک و دستکش در معرض ایزوسیانات بودند. پلی ایزوسیاناتها پایه این محصولات را تشکیل می‌دهد.

الکیتز و همکارانش [5] طی مرور گزارشها و مقاله‌هایی که درباره صدمات ناشی از کار با ایزوسیاناتها در سال ۱۹۶۲ به چاپ رسیده بود، به ۲۲۲ مورد صدمات ناشی از سروکار داشتن با این مواد اشاره کرده‌اند که اکثر موارد به دلیل غلظتهای زیاد ایزوسیاناتها در محیط بود. از آنجا که در سالهای ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ اندازه گیری میزان ایزوسیاناتهای پخش شده در

محیط میسر نبود، متأسفانه بیشتر ناراحتیهای تنگی نفس در محیط کار ممکن است بر اثر غلظت بیشتر از حد مجاز این مواد باشد. در جدول ۳ نمونه‌هایی از غلظت TDI در روشهای مصرف یا تولید آن که ممکن است برای کارگران مشکل آفرین باشد نشان داده شده است.

جدول ۳ - غلظت نمونه TDI در محیط کارهای مختلف [1]

غلظت TDI، $\mu\text{g}/\text{m}^3$	موارد در معرض قرار گرفتن TDI
۶۴۰۰	۱ افشاندن
۱۴۰	۲ تقطیر
۱۴-۴۰*	۳ تولید

* بستگی به محل کار فرد دارد.

برای به دست آوردن اطلاعات معتبر از مقدار ایزوسیاناتی که یک فرد در معرض آن قرار می‌گیرد، باید به خاطر داشت که برای اندازه گیری دقیق باید تعداد زیادی نمونه برداری در زمانهای مختلف صورت گیرد و همچنین مدت زمان نمونه برداری باید طولانی باشد. به علاوه، اندازه گیری پیک غلظت زیاد در زمان کوتاه نیز ضرورت دارد. اشاره می‌شود که پیک غلظت زیاد در مدت زمان کوتاه از اهمیت بسیاری در آثار تنگی نفس برخوردار است.

ذات‌الریه و برنشیت و ناراحتیهای تنگی نفس که تا به حال مورد اشاره قرار گرفت عموماً بر اثر تنفس ایزوسیاناتها، چه به صورت بخار چه به صورت ذرات در محیط کار است.

ایزوسیاناتها در تماس با پوست می‌توانند سبب سوزش و عوارض پوستی شوند. ناوا و همکارانش در گزارشی یک مورد آماس پوست را که روی آن جوشهایی بر اثر تماس با TDI به وجود آمده و همراه با خارش بوده است شرح داده‌اند [6]. کارول و همکارانش وجود تولید (Tolyl) در سرم خون دو نفر را که پوستشان بر اثر TDI صدمه دیده بود گزارش کرده‌اند [7]. روتی دوازده مورد تاول پوست را در کارگرانی که با MDI کار می‌کردند، به ویژه حین پلیمر شدن آن و چهار مورد مشابه را در کارگرانی که با TPDI سروکار داشتند گزارش کرده است [8].

در کنار آثار زیانبار جسمانی این مواد شیمیایی، گزارشهایی مبنی بر ناراحتیهای روانی در کارگرانی وجود دارد [8] که در معرض مقادیر بیش از حد مجاز ایزوسیاناتها و سایر مواد شیمیایی که در عملیات تولید پلی یورتان شرکت دارند قرار گرفته‌اند. البته، به طور یقین نمی‌توان موارد اخیر را به طور مستقیم به این نوع مواد شیمیایی نسبت داد. علت اشاره به گزارش مربوط به مشکلات روانی این است که جوانب گوناگون مسائل نکات ایمنی و سلامتی مورد توجه قرار گیرد.

در ابتدا اشاره می‌شود که در حد مجاز بودن غلظت یک ترکیب بدین معنی نیست که فرد نکات بهداشتی را در نظر نگیرد و از وسایل ایمنی استفاده نکند. در تمام افرادی که به دلیل شغلی در معرض ایزوسیاناتها قرار می‌گیرند ممکن است آثار ابتدایی تنگی نفس مشاهده شود که شدت آن بستگی به مدت زمان در معرض قرار گرفتن دارد. در تماس قرار گرفتن تصادفی و کوتاه مدت با مقادیر ده برابر حد مجاز ایزوسیاناتها یا بیشتر از مقادیر مجاز آستانه، TLV (Threshold Limit Values)، ممکن است سبب یک مشکل تنفسی شود که پس از ۲۴ تا ۴۸ ساعت بهبود می‌یابد، ولی اگر به صورت روزمره باشد و به چندین برابر TLV برسد می‌تواند سبب ناراحتیهای تنفسی مزمن شود.

از نظر شیمیایی و فیزیولوژیکی تمام افراد به صورت یکسان و به یک درجه دچار ناراحتیهای تنفسی و تنگی نفس نمی‌شوند. مطالعات نشان می‌دهد که در پنج درصد از افرادی که به دلایل شغلی در معرض مقادیر زیر حد مجاز TDI بوده‌اند پس از مدت زمانی تنگی نفس توسعه پیدا کرده است، در صورتی که در ابتدای کار ناراحتیهای اولیه مشاهده نشده است.

سازمانهای بهداشت و ایمنی مشاغل، حد مجاز قانونی در معرض قرار گرفتن TDI و MDI را $0/02 \text{ ppm}$ تعیین کرده‌اند.

ویل و همکارانش مطالعه و بررسی پنج ساله‌ای را در یک کارخانه تولید TDI انجام دادند [9]. در این برنامه آزمایشهای مکرری روی افراد کارخانه انجام یافت و حتی عملکرد دستگاه تنفسی آنها به طور دوره‌ای مورد آزمایش قرار گرفت. به علاوه، اندازه‌گیریهای مرتبی از مقدار ایزوسیانات تبخیر شده در محیط کار انجام یافت. هزینه این مطالعات ۷۵۰،۰۰۰ دلار بود. علاوه بر این مجموعه آزمایشهای روی حیوانات (موش و خرگوش) صورت گرفت. بدین ترتیب که یک مقدار معین از ماده ایزوسیانات به آنان تزریق شد و آثار آن مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. هزینه این بخش از مطالعات ۴۰۰،۰۰۰ دلار شد.

گروههای دیگری نیز مطالعات وسیعتری روی تعداد بیشتری از کارگران انجام داده‌اند و میزان ایزوسیانات موجود در هوای محیط کارهای گوناگونی را اندازه‌گیری کرده‌اند. آدامز نیز در گزارشی به ۷۶ کارگر که در محلی مناسب به مدت نه سال با مقادیر زیر حد مجاز TDI سروکار داشتند و هیچ‌گونه عارضه و مشکلی در دستگاه تنفسی آنها دیده نشد، اشاره کرده است [10].

اهریچر و همکارانش [11] یک گروه ۳۴۱ نفری را که مقادیر ایزوسیانات در محل کارشان زیر حد مجاز بود به صورت تک تک مطالعه و بررسی کردند و هیچ‌گونه اختلاف قابل توجهی بین پارامترهای عملکرد ششهای کارگران با ده تا پانزده سال سابقه کار و کارگران دارای یک تا سه سال سابقه کار با ایزوسیانات پیدا نکردند و از این نظر تفاوتی با افرادی که با ایزوسیاناتها سروکار نداشتند نیز مشاهده نشد. این

پژوهشگران مقدار متوسط ایزوسیاناتها (MDI، TDI و NDI) را که در ۱۵۹ محل مختلف اندازه‌گیری کرده بودند برابر $0/197 \text{ ppm}$ به دست آوردند. اشاره می‌شود که در بیشتر نمونه‌ها، مقادیر در زیر یا حدود حساسیت روش اندازه‌گیری بود ($0/001 \text{ ppm}$). ولی نمونه‌های با بیک تبخیر ایزوسیانات $0/4 \text{ ppm}$ ، $0/6 \text{ ppm}$ و حتی در یک مورد $1/3 \text{ ppm}$ را نیز اندازه‌گیری کرده‌اند.

در پایان این بخش می‌توان نتیجه گرفت که به دلیل رشد و توسعه تولید و مصرف ایزوسیاناتها، به ویژه TDI و MDI، در صنعت هر روز افراد بیشتری در این گونه محیطها مشغول به کار می‌شوند. سلامتی این افراد در صورت نبودن وسایل ایمنی و رعایت نکردن مسائل بهداشتی تهدید می‌شود. ناراحتیهای تنفسی و در صورت تماس مداوم برنشیت مزمن در انتظار آنهاست. از این رو، باید نسبت به وجود آشکار ساز برای شناسایی میزان تبخیر ایزوسیاناتها، که حداکثر مقادیر مجاز آنها از سوی سازمانهای بهداشتی $0/02 \text{ ppm}$ تعیین شده است، تاکید و توجه بیشتری شود. سایر ایزوسیاناتها، مانند MDI، نسبت به TDI کمتر تبخیر می‌شوند. با وجود این، کارگران باید تمام نکات ایمنی مربوط به کل ایزوسیاناتها را رعایت کنند.

موارد ایمنی و طرز استفاده صحیح از TDI

تولون دی ایزوسیانات (TDI) یک ماده سمی و به شدت واکنش پذیر است که باید در ظروف در بسته نگهداری شود. در محیط کار، این ماده باید به صورت مجزا باشد و به دقت حمل و نقل شود. ولی، این بدان معنی نیست که استفاده از TDI مشکل است. اگر روشهای صحیح به کار گرفته شود احتمال خطر آن بسیار کم می‌شود. در بخشهای بعدی برخی از خطرات احتمالی و همچنین چگونگی مواجهه با موارد اضطراری مورد اشاره قرار می‌گیرد و توصیه می‌شود تمام افرادی که با TDI سروکار دارند، مطالب این بخشها را مورد مطالعه دقیق قرار دهند.

خطر واکنش TDI به علت بالا بودن نقطه تبخیر ماده پایداری است. این ماده با آب، اسیدها، بازها و مواد آلی و معدنی دیگر واکنش می‌دهد. TDI اشتعال پذیر است و مانند هر ماده آلی دیگر می‌سوزد. در اثر تماس آن با آب یک پلی اوره آروماتیک به وجود می‌آید و گرما و کربن دیوکسید آزاد می‌شود که فشار ناشی از آن ممکن است ظرف دارای TDI را منفجر کند. برای جلوگیری از واکنش با آب، TDI را باید زیر یک لایه نیتروژن نگهداری و از تماس آن با اسیدها نیز جلوگیری کرد. در اثر تماس TDI با بازهایی مانند سود سوزآور و آمینهای نوع اول و دوم واکنش شدیدی صورت می‌گیرد که گرمای ناشی از آن تولید فشار می‌کند و در نتیجه احتمال انفجار در ظرف وجود دارد. در تماس با آمینهای نوع سوم (معمولا کاتالیزورهای یورتان) ممکن است پلیمر شدن کنترل ناپذیری روی دهد که در اثر گرمای زیاد ناشی از آن TDI دimer شود.

TDI را باید از برخی لاستیکها و پلاستیکها دور نگاه داشت چون

ممکن است به سرعت خشک و ترد شوند و ترک بخورند. بنابراین، TDI را نباید در ظروف پلاستیکی یا لاستیکی نگهداری کرد.
خطر آتش سوزی: نقطه تبخیر TDI 132°C است. بنابراین، خطر ایجاد آتش سوزی ندارد. ولی باید به خاطر داشت که TDI یک ماده آلی است و اگر در تماس با آتش قرار گیرد می سوزد.
خطر برای سلامتی: TDI چه به صورت بخار و چه در حالت مایع می تواند خطرناک باشد. بخار TDI بوی تندی دارد که به راحتی می تواند شناسایی شود. ولی متأسفانه اگر بوی TDI قابل احساس باشد، دلیل آن است که مقدار زیادی بخار TDI در محیط وجود دارد (حداقل تشخیص بو 0.04 ppm است). بنابراین، باید از یک شناساگر برای اندازه گیری غلظت TDI در هوا استفاده کرد.

برخی افراد ممکن است نسبت به TDI حساسیت بیشتری داشته باشند، مانند مبتلایان به ناراحتی آسم که حتی نسبت به مقادیر کم TDI نیز حساس اند. بنابراین، قبل از مشغول شدن در این حرفه ها باید آزمایشهای پزشکی روی افراد انجام گیرد. TDI بسیار سمی است و اگر تنفس شود ممکن است سبب ایجاد مشکلاتی در تنفس و سوزش یا صدمه دیدن ریه ها شود و به صورت حساسیت و تنگی نفس بروز کند که علامتهای آن خرخر (خس خس) کردن سینه، سرخه و نفس نفس زدن است. ممکن است علامتهای دیگری شامل گرفتگی سینه، آبریزش چشم، خشکی گلو و سردرد نیز همراه باشد. این علامتها را می توان در تمام افرادی که در معرض مقادیر زیاد TDI قرار می گیرند مشاهده کرد، ولی در اشخاص حساس ممکن است در مقادیر بسیار کم و زیر حد مجاز نیز دیده شود.
برای محافظت در برابر بخار TDI باید از دستگاه تهویه مناسب، وسیله شناسایی و ماسکهای هوا استفاده کرد. به هنگام از کار افتادن موقت دستگاه تهویه باید از یک کپسول هوا استفاده کرد تا تهویه مناسب دوباره برقرار شود.

در صورت تماس TDI با پوست، چشم و مخاط بینی باید به سرعت محل شسته و تمیز شود، چون باعث سوزش و سوختن می شود. در اثر فرورفتن TDI به حلق سوزش بسیار شدیدی در دستگاه گوارش ایجاد می شود. TDI را باید جدا و دور از مواد غذایی نگهداری کرد و حتی از خوردن غذا در محلی که احتمال می رود TDI وجود داشته باشد جداً خودداری کرد.

لباسهای محافظت

از آنجا که TDI خطرات جدی دارد، حتی در شرایطی که احتمال تماس با مقادیر بسیار کم آن وجود دارد باید از لباسهای کامل و وسایل ایمنی برخوردار بود. استفاده از لباس و وسایل ایمنی در موارد زیر ضروری است:

۱- به هنگام باز و بسته کردن درپچه های تانک (مخزن) یا بشکه حاوی TDI،

۲- موقع باز کردن شیرها و لوله ها،

۳- زمانی که پمپها جایگذاری می شوند و مورد استفاده قرار می گیرند،

۴- وقتی در لوله های TDI شکستگی به وجود آید، حتی اگر قبلاً شیر آنها بسته شده باشد،

۵- به هنگام سررفتن TDI از بشکه ها و ظروف یا به بیرون پاشیده شدن آن،

۶- موقع تمیزکاری وسایل آغشته به TDI،

۷- در زمان وزن کردن TDI،

۸- وقتی این ماده در واکنش پلیمر شدن شرکت می کند.

هرگاه قسمتی از لباس به TDI آغشته شود، بی درنگ باید آن را از تن خارج کرد و شست (TDI به الیاف طبیعی و مصنوعی صدمه می زند).

سیستمهای اخطار دهنده و آشکارساز ایزوسیانات

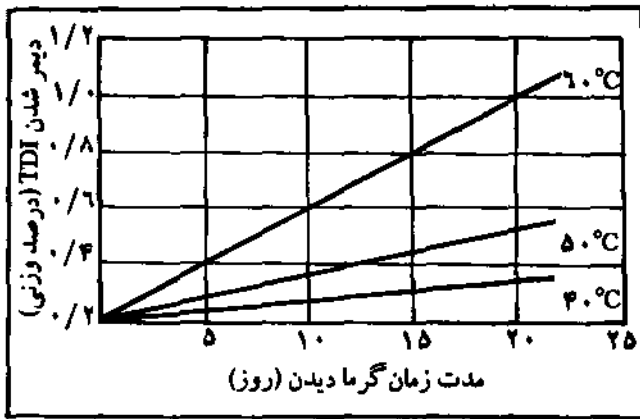
سیستمهای اخطار دهنده مداوم، که به طور گسترده در واحدهای بزرگ به کار گرفته می شوند، به یک سیستم زنگ اخبار مجهز شده اند که در صورت تجاوز از حد مجاز آستانه (TLV) در محیط به صدا در می آید. البته، در نقاط مختلف کارخانه ممکن است بخار ایزوسیانات به صورت موضعی منتشر شود که در این نقاط باید اندازه گیری موضعی صورت گیرد. باید توجه داشت که این سیستمها به اندازه آشکار سازهای اخطار دهنده شخصی مطمئن نیستند. این مطلب در واحدهای انرژی اتمی تجربه شده است [13].

روشهای تجزیه ای مختلف برای تعیین غلظتهای کم ایزوسیانات در هوای یک واحد صنعتی یورتان به کار گرفته شده است. در یک روش پس از جمع آوری و عبور نمونه های اتمسفری از محلولهای جذب کننده، ایزوسیاناتهای جذب شده به روش شیمیایی به کمپلکسهای رنگی تبدیل می شود که غلظت آنها از راه مقایسه با یک محلول استاندارد یا به روش نورسنجی شدت رنگ غلظت ایزوسیانات را نشان می دهد. یکی از معایب روش یاد شده این است که برای جمع آوری مقدار کافی ایزوسیانات برای آزمایش، زمان نسبتاً زیادی لازم است. برای رفع این مشکل یک روش کروماتوگرافی لایه نازک وجود دارد که مقادیر کم 0.005 ppm را در زمانی کمتر از یک دقیقه نمونه برداری و اندازه گیری می کند [13].

کمکهای اولیه

در شرایطی که یکی از اعضای بدن با TDI تماس پیدا کند باید به موارد زیر توجه کرد:

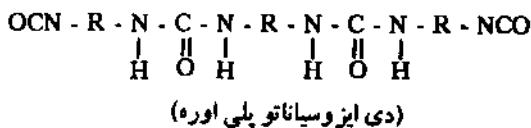
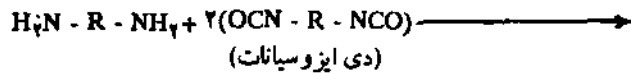
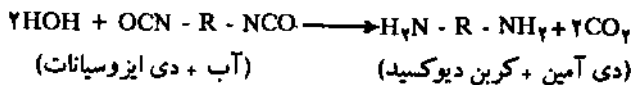
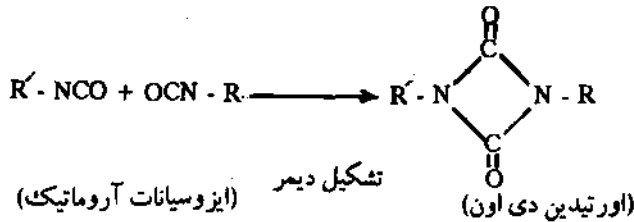
اگر TDI روی چشم یا پوست ریخته شود، بی درنگ محل را به مدت ۱۵ دقیقه با آب زیاد شست و شو دهید و سپس به پزشک مراجعه کنید.



شکل ۱ - تشکیل دیمر شده بر حسب مدت زمان گرما دیدن در دماهای مختلف [12]

سوزنی شکل سفید دیمر تشکیل می‌شود. چنانچه دما به زیر ۱۵°C برسد، TDI منجمد می‌شود. TDI منجمد نیز به صورت بلورهای سوزنی سفید است. TDI منجمد، پلی اوره آروماتیک یا TDI دیمر شده همگی به یک صورت مشاهده می‌شوند که این امر شناسایی و تمیز آنها از یکدیگر را مشکل می‌کند. بدین ترتیب، سه حالت رسوب TDI وجود دارد:

- ۱- رسوب دیمر که بر اثر گرما دادن زیاد به وجود می‌آید، تشکیل می‌شود،
- ۲- رسوب پلی اوره آروماتیک که بر اثر حضور رطوبت محیط تشکیل می‌شود،
- ۳- تولوئن دی ایزوسیانات منجمد،



تشکیل اوره [14]

اگر TDI به داخل دستگاه گوارش فرورده شود، مقدار زیادی آب بنوشید تا غلظت آن رقیق شود و سعی نکنید که استفراغ کنید و بلافاصله به پزشک مراجعه کنید.

چنانچه فردی TDI را تنفس کند و دچار ناراحتی شود، او را به هوای آزاد ببرید و به سرعت پزشک را خبر کنید.

برخی از علامتهای قرار گرفتن در معرض بخار TDI شامل گرفتگی سینه، آبریزش چشم، خشکی گلو و سردرد است. به محض مشاهده علامتهای یاد شده فرد را نزد پزشک ببرید تا درمان شود.

پاک کردن TDI ریخته شده روی سطح

ابتدا عینک ایمنی، دستکش و روپوش بپوشید. سپس با اضافه کردن مواد خشک جاذب و واکنش ناپذیر یا TDI، آن را جمع آوری کنید و به درون یک ظرف سرپوشیده بریزید. آن گاه مقداری محلول خنثی کننده، ۹۰ تا ۹۵ درصد آب به علاوه ۵ تا ۱۰ درصد آمونیاک، به درون ظرف اضافه کنید و ظرف را به طور مجزا در محلی مناسب که دارای تهویه است قرار دهید و به مدت ۲۴ ساعت درب آن را باز نگذارید. در پایان لباسهای آلوده را قبل از استفاده مجدد شست و شوی و تمیز کنید.

از بین بردن ضایعات TDI

ضایعات خط تولید، مخازن (بشکه‌های خالی) مواد و پارچه‌هایی را که برای تمیز کردن TDI ریخته شده و نشتیهای آن مورد استفاده قرار می‌گیرد باید به روش صحیح در محل‌های مناسب که از سوی سازمان بهداشت و محیط زیست تعیین می‌شود دفن کرد.

روش نگهداری (انبارداری) TDI

تولوئن دی ایزوسیانات ممکن است به دو صورت سرپوشیده و سرباز انبار و نگهداری شود:

اگر TDI در محل سرپوشیده انبار یا نگهداری شود، آن محل باید دارای لوله کشی آب، تهویه مناسب و وسیله کنترل دما باشد، دمای ثابت مورد نیاز ۲۱°C (۷۰°F) است. چنانچه TDI در محل سرباز نگهداری می‌شود و دمای محیط آن کمتر از ۲۱°C است، باید برای گرم کردن و ذوب TDI از یک گرمکن استفاده کرد. این وسیله بیشتر در مواردی ضروری است که TDI در مخازن بزرگ نگهداری می‌شود. در ضمن، باید مسیر لوله‌ها و خود مخزن درزبندی و عایق شده باشد. اگر ذوب کردن TDI لازم باشد، نباید دما از ۴۳°C تجاوز کند، زیرا گرمای زیاد تولوئن دی ایزوسیانات را دیمر می‌کند و میزان دیمر شدن بستگی به دما و مدت زمان گرما دادن دارد که این موضوع در شکل زیر نشان داده شده است.

زمانی که سطح دیمر شدن به ۱٪ وزنی می‌رسد، بلورهای

- [3] S. Fuches, P. Valade, Clinical and Experimental Study of Several Cases of Intoxication by Desmodur (TDI) Arch Mal Prof, 12-191-96, 1951.
- [4] W. Reinl, Diseases in the Manufacture of Polyurethane Based Plastics. Zentralbl Arbeitsschutz, 3, 102-107, 1953.
- [5] H. B. Elkins, G. W. McCarl, Massachusetts Experience with TDI, Am Ind Hyg Assoc J. 23, 265-272, 1962.
- [6] C. Nava, & G. Arbosti, Pathology Produced by Isocyanates Methods of Immunological Investigation, Ric Clin Lab, 5, 135-145, 1975.
- [7] M. H. Karol, H. H. Ioset, TolyI-Specific IgE Antibodies in Workers with Hypersensitivity to TDI Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 39, 454-458, 1978.
- [8] A. Rothe, Occupational Skin Diseases Caused by Polyurethane Chemicals. Derufs-Dermatosen 24, 7-24, 1976.
- [9] H. Weill, J. Salvaggio, Annual Report-Respiratory & Immunologic Evaluation of Isocyanate Exposure in New Manufacturing Plant, 27pp, 1978.
- [10] W. G. F. Adams, J. Brit, Industr. Med., 32, 72, 1975.
- [11] H. Ehrlicher, F. K. Brochhagen, Health Problems in the Industrial Use of Isocyanates, Plastics & Rubber Institute Conference Urethane & the Environment London 21-22, Sept., 1976.
- [12] Olin Chemical Bulletin "Toluene Diisocyanate", 120 Long Ridge Road, Stamford, Connecticut 06904, 1988.
- [13] C. Hepburn, Polyurethane Elastomers. Applied Science Publisher, New-York, p. 386-387, 1982.
- [14] G. Woods "The ICI Polyurethanes" Book, 1987.

در صورتی که نمی‌دانید با کدام یک از این سه مواجهه کنید، ابتدا نمونه را گرما دهید. اگر TDI به دمای ۱۵ تا ۲۱°C رسیده و ذوب شده، معلوم می‌شود که نمونه TDI انجماد یافته است. چنانچه نمونه با ادامه گرما دادن تا دمای ۱۵۰ تا ۱۶۰°C ذوب شده، معلوم می‌شود که TDI دimer شده است. اگر نمونه در اصل ذوب نشد به احتمال زیاد TDI تبدیل شده، پلی اوره است.

نمونه TDI منجمد را می‌توان ذوب کرد و از آن استفاده کرد. اگر در نمونه بلورهای پلی اوره وجود داشته باشد، آنها را می‌توان با صافی جدا کرد و TDI باقیمانده را مورد استفاده قرار داد. در صورتی که TDI دimer شده باشد، به هیچوجه قابل استفاده نیست. چنانچه اسیانای TDI دimer شده را صاف و جدا کرده و از باقیمانده آن استفاده کنید، اثر آن بر خواص فیزیکی یورتان به صورت اسفنج مشخص می‌شود.

نتیجه گیری

امروزه رشد تولید و مصرف زیاد ایزوسیاناتها به ویژه TDI و MDI در صنعت بدین معنی است که افراد بیشتری با این گروه از مواد واکنش پذیر قوی درگیرند. از این رو، در کارخانه‌هایی که ایزوسیاناتها به عنوان مواد اولیه در خط تولید مصرف می‌شوند استفاده از تجهیزات ایمنی مانند وسایل ایمنی شخصی و آشکارسازهای ایزوسیاناتها ضرورت پیدا می‌کند. بدین ترتیب، امکان شناسایی ایزوسیاناتها در مقادیر بیش از حد آستانه (۰/۰۲ ppm) در محیط کار و آگاه سازی افراد حاضر در محل فراهم می‌شود. در ضمن، افرادی که در این محیطها مشغول به کارند باید از قبل اطلاعات ایمنی و بهداشتی کافی در مورد این نوع مواد شیمیایی داشته باشند، تا حفظ نیروی کار و سرمایه‌های ملی و مردمی که در این راه به مصرف می‌رسد ممکن شود. با رعایت استانداردهای پذیرفته شده علمی در زمینه ایمنی، حفاظت صنعتی و بهداشت کار، آمار حوادث را می‌توان به حداقل رساند.

مراجع

- [1] R. Henderson, Health Considerations for Isocyanates "Urethane Chemistry and Applications" K.N. Edwards ACS Symposium 172, 87-93, 1981.
- [2] W. Bunge, F. K. Brochhagen, Health Hazards Encountered in the Industrial App. & Isocyanates" Developments in Polyurethane I.M. Boist", Elsevier Pub. London-New-York, 253-267, 1986.