بررسی میزان دی فنیل متان دی ایزوسیانات در هوای واحد فوم سازی یک شرکت خودرو سازی

دکتر سید باقر مرتضوی[۱]، موسی جباری قره باغ[۲] ، دکتر محسن اصیلیان[۱] ، دکتر علی خوانین[۱] ، اردلان سلیمانیان[۳]

۱- استادیار گروه بهداشت حرفه ای دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشجوی دکترای بهداشت حرفه ای دانشگاه تربیت مدرس

۳-کارشناس ارشد و مسوول آزمایشگاه گروه بهداشت حرفه ای دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

دی فنیل متان دی ایزوسیانات(MDI)به عنوان ماده اولیه، پرمصرف ترین ایزوسیانات مورد استفاده در صنایع فوم پلی اورتان(شاخه ای از صنعت پلاستیک) بوده و یکی از علل اصلی آسم شغلی می باشد. بالا بودن مصرف این ماده در صنایع از یک طرف و سمیت بالای آن از طرف دیگر موجب گردید تحقیقی به منظور بررسی میزان MDI در هوای محیط کار و منطقه تنفسی کارگران واحد فوم سازی یک شرکت خودرو سازی بعمل آید.

در این پژوهش هوای محیط کار و هوای منطقه تنفسی کلیه کارگران واحد فوم سازی که بالغ بر ۴۰ نفر بودند مورد نمونه برداری وتجزیه و تحلیل قرار گرفت و تعداد کل نمونه های گرفته شده در روزهای مختلف هفته به ۱۱۱ نمونه رسید. در این تحقیق به منظور ارزیابی میزان MDI در هوا از دستگاه اسپکتروفتومتری استفاده گردید و مقدار MDI از طریق ازته کردن اسید هیدرولیز و جفت کردن با N-۲-آمینواتیل-۱-نفتیل آمین در طول موج ۵۹۰ نانومتر تعیین گردید.

نتایج ارزیابی میزان MDI نشان داد که میزان آلودگی در کلیه حالت های اندازه گیری شده از حداکثر مجاز آن (TLV= 0.005 PPM) پایین تر می باشد، فقط در صورتی که کلیه هواسازها و هواکش های موضعی خاموش باشند، در قسمت تزریق فوم، آلودگی به بالاتر از حد مجاز (0.0067 PPM) می رسد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که غلظت MDI در محیط کار، در بعضی شرایط به بالاتر از حد مجاز می رسد.

کلمات کلیدی: *دی فنیل متان دی ایزوسیانات/ فوم پلی اورتان / اسپکتروفتومتری*

مقدمه

متیلن‌دی‌فنیل‌دی‌ایزوسیانات (MDI) بیشترین ایزوسیانات مورد استفاده در کارخانجات پلی‌اورتان می‌باشد[۱]، و کاربرد گسترده‌ای در تولید مواد صنعتی همچون لاستیک‌های ترکیبی و الاستومرها، مواد قالب‌گیری برای کشتی و اتومبیل، رزین‌های پلی‌اورتان برای نقاشی و جلاکاری، رزین‌های ریخته‌گری، مواد عایق گرمایی و غیره دارد[۲].

بالا بودن مصرف این ماده در صنایع از یک طرف و سمیت بالای آن از طرف دیگر (TLV = 0.005 PPM) موجب گردید تحقیقی به منظور بررسی میزان MDI در هوا ی محیط کار و هوای منطقه تنفسی کارگران واحد فوم سازی یک شرکت خودرو سازی بعمل آید، و درصورت بالا بودن غلظت آلودگی از حدود مجاز ارایه شده توسط سازمان های بین المللی، اقدامات کنترلی لازم معمول گردد.

واحد فوم‌سازی براساس نوع کار و محل فعالیت افراد به ۶ ایستگاه کاری تقسیم‌بندی شده است که تحت عنوان F1، F2، F3، F4، F5 و F6 نامگذاری شده‌اند. خط تولید از ایستگاه F1 شروع می‌شود و به ایستگاه F6 ختم می‌گردد، در ایستگاه F1 و F2 کار آماده سازی قالب انجام می گیرد، سپس قالب روی خط کانوایر حرکت کرده و

به ایستگاه F3 می‌رسد و در این ایستگاه کار تزریق فوم داخل قالب انجام گرفته و پس از بسته شدن در قالب، قالب مسیر F3 تا F4 را طی می‌کند تا فوم شکل قالب را به خود بگیرد، در ایستگاه F4 و F5، پس از باز شدن در قالب و بادگیری، فوم از داخل قالب درآورده شده و پس از کنترل به ایستگاه F6 که در کنار خط فوم قرار دارد، جهت آرایش و تعمیرات لازم منتقل می‌شود.

روش کار

با توجه به اثرات مزمن و حاد MDI روی انسان، در این پژوهش به منظور ارزشیابی میزان MDI در هوا ی محیط کار و هوای منطقه تنفسی کارگران واحد فوم سازی، مجموعاً تعداد ۱۱۱ نمونه شامل ۵۴ نمونه فردی از هوای منطقه تنفسی شاغلین و ۵۷ نمونه محیطی از هوای محیط کار در ایستگاههای کاری مختلف(F1 تا F6) تهیه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. لازم به توضیح است که در هر یک از ایستگاهها، ۹ نمونه فردی و ۹ نمونه محیطی گرفته شد.

MDI در حالت طبیعی به صورت مایع بوده و در حین فعالیت به صورت بخار یا آئروسل وارد محیط می‌گردد. بخارات وارد شده به محیط به آسانی کندانسه شده و به شکل آئروسل در می‌آیند، ولی به هر حال ممکن است مقداری از بخارات حاصله قبل از کندانسه شدن توسط افراد استنشاق گردند [۵]، لذا در این تحقیق ضمن ارزیابی روش‌های مختلف نمونه‌برداری و آنالیز MDI، روش شماره ۴۹ ، HSE که قادر است بخارات و آئروسل‌ها را به صورت همزمان اندازه‌گیری نماید، انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت.

در این روش حجم اندازه‌گیری شده‌ای از نمونه هوا از میان یک شیشه ایمپینجر محتوی دی‌متیل‌فرمامید و اسید هیدروکلریک رقیق کشیده می‌شود، در اثر این عمل ایزوسیانات‌های آلی گرفته شده و در واکنش‌های بعدی به آمین‌های مشابه هیدرولیز می‌شوند. آمین‌های آروماتیک با اسید نیتروز سرد و azo dye تشکیل شده بوسیله N-۲-آمینواتیل ۱ نفتیل‌آمین (N-۱- نفتیل‌اتیلن‌دی آمین (NED) دی ازته می‌شوند. در این روش جذب محلول حاصله بوسیله اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۰ نانومتر انجام می‌شود. . این روش بر اساس روش مرکالی و مدی و همکارانش بوده و برای نمونه‌برداری هوا از ۱۰ دقیقه تا ۸ ساعت قابل استفاده می باشد.

نتایج

به منظور بررسی میزان مواجهه کارگران واحد فوم سازی با MDI ، غلظت MDI در روزهای مختلف هفته در کلیه ایستگاهها مورد اندازه گیری قرار گرفت.جدول ۱ میانگین غلظت MDI را در وضعیت کار عادی(هنگام روشن بودن سیستم تهویه) و مقایسه آن با حدود مواجهه شغلی ارایه شده توسط سازمان‌های OSHA ، NIOSH و ACGIH نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می شود در کلیه حالت های اندازه گیری شده غلظت MDI پایین تر از حد مجاز است.

جدول ۱ – مقایسه میانگین غلظت MDI در هوای قسمت‌های مختلف واحد فوم‌سازی، هنگام روشن بودن سیستم تهویه، با حدود مواجهه شغلی

محل نمونه‌برداری	غلظت MDI (µg/m3)		حدود مواجهه شغلی(µg/m3)		
	اول هفته	آخر هفته	ACGIH	NIOSH	OSHA
F1	۴/۷۷	۵/۹۴	۵۱	۵۰ ۲۰۰/۱۰min (حد سقفی)	۲۰۰ (حد سقفی)
F2	۳/۰۱	۷/۶۸			
F3	۱۳/۵۷	۱۵/۳۳			
F4	۸/۲۹	۹/۴۶			
F5	۷/۱۲	۸/۸۸			
F6	۵/۹۴	۶/۵۳			

در جدول ۲ میانگین غلظت MDI در هوای منطقه تنفسی شاغلین قسمت‌های مختلف واحد فوم سازی در وضعیت عادی(هنگام روشن بودن سیستم تهویه)، در روزهای اول، وسط و آخر هفته نشان داده شده است، افزون بر این، میانگین غلظت MDI در طول هفته نیز با توجه به اینکه نوع کار در روزهای مختلف کاملاً با همدیکر یکسان بوده و افزایش غلظت به صورت تدریجی بوده است، از روی غلظت های بدست آمده در روزهای مختلف هفته، محاسبه و در مقایسه با حدود مواجهه شغلی ارایه شده است. در این وضعیت نیز غلظت آلودگی در کلیه حالت ها پایین تر از حد مجاز بوده است.

جدول ۲ مقایسه میانگین غلظت MDI در هوای منطقه تنفسی شاغلین قسمت‌های مختلف واحد فوم‌سازی هنگام روشن بودن سیستم تهویه با حدود مواجهه شغلی

محل نمونه برداری	میانگین غلظت MDI ($\mu g/m^3$)			میانگین غلظتMDI در طول هفته ($\mu g/m^3$)	حدود مواجهه شغلی ($\mu g/m^3$)		
	اول هفته	وسط هفته	آخر هفته		ACGIH	NIOSH	OSHA
F1	۲/۰۱	۲/۴۲	۳/۰۱	۲/۴۸ (۱/۸۸*)	۵۱	۵۰ ۲۰۰/۱۰min (حد سقفی)	۲۰۰ (حد سقفی)
F2	۴/۷۷	۲/۴۲	۷/۱۲	۴/۷۷ (۳/۰۵*)			
F3	۱۵/۳۳	۱۲/۹۸	۱۶/۵	۱۴/۹۴ (۳/۷۱*)			
F4	۸/۲۹	۱۰/۶۴	۱۱/۸۱	۱۰/۲۵ (۳/۱*)			
F5	۷/۱۲	۹/۸	۸/۲۹	۸/۲۹ (۳/۵۲*)			
F6	۴/۷۷	۸/۲۹	۷/۱۲	۶/۷۲ (۳/۹۸*)			

*: انحراف معیار نمونه‌های گرفته شده در طول هفته در هر یک از ایستگاهها.

لازم به ذکر است که با توجه به وجود هواسازهای پرقدرت در این کارگاه و محسوس بودن نقش آن در کاهش آلودگی، به عنوان نمونه ۳ عدد نمونه محیطی در ایستگاه F3 که محل تزریق فوم می‌باشد در هنگام خاموش بودن هواسازها و هواکش‌ها گرفته شد تا وضعیت آلودگی هوا را در صورت عدم کارکردن هواسازها و هواکش‌ها به صورت همزمان نشان دهد. نتایج حاصله نشان داد که کلیه نمونه‌ها بالاتر از حد مجاز بوده و حداقل، حداکثر و میانگین آنها به ترتیب ۶۱/۱ ، ۷۸/۷ و ۶۸/۱۵ و انحراف معیار آنها ۹/۳۲ بوده که بالاتر از حدود مواجهه شغلی (۵۱ $\mu g/m^3$) TLV-TWA-ACGIH می باشد.

بحث و نتیجه گیری

بررسی نتایج استخراج شده ازاندازه گیری غلظتMDI در هوای محیط کارو هوای منطقه تنفسی کارگران نشان می دهدکه هنگام روشن بودن سیستم تهویه، ایستگاهF1 و F2(محل آماده سازی قالب فوم) پایین ترین میزان آلودگی و ایستگاه F3 (محل تزریق فوم) بالاترین میزان آلودگی را داراست. علیهذا هیچ یک از غلظت های مذکور بالاتر از حد مجاز ارایه شده توسط سازمان ACGIH (TLV-TWA= ۵۱ $\mu g/m^3$) نمی باشند. پایین بودن غلظت آلودگی را می توان از یک طرف به علت کار کردن هوا سازهای پرقدرت موجود در سالن و همچنین سیستم تهویه موضعی و از طرف دیگر باز بودن درو پنجره های سالن در طول فصل تابستان ذکر نمود.

مقایسه میانگین آلودگی هوای محیط کار و هوای منطقه تنفسی کارگران،در ایستگاههای مختلف،در روزهای اول و آخر نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار($p < ۰/۰۵$) بین دو زمان نمونه برداری می باشد. بالا رفتن آلودگی در طول هفته را می توان در اثر تجمع آلودگی هوا در محیط کار در طول هفته و همچنین افزایش آلودگی حاصل از نشت و پراکندگی MDI در کف محیط کار و اطراف سیستم های اختلاط MDI و پلیول دانست، به طوری که با انجام اقدامات کنترلی لازم می توان از افزایش آلودگی هوای محیط کار در طول هفته جلوگیری نمود.

مقایسه نتایج حاصل از اندازه گیری غلظت MDI هنگام خاموش بودن هواسازها و هواکش ها نشان می دهد که غلظت آلودگی در این وضعیت (با میانگین ۶۸/۱۵ $\mu g/m^3$)به بالاتر از حد مجاز می رسد، بنابراین روشن بودن دایمی هواسازهاو هوا کش های موضعی هنگام کار ضروری می باشد تا از افزایش غلظت آلودگی در کارگاه و بروز عوارض تنفسی، پوستی، چشمی، و گوارشی جلوگیری نماید.

بنابراین نتیجه گیری می شود که با وجو د پایین بودن غلظت آلودگی در اغلب اندازه گیری ها, غلظت MDI در محیط کار، ممکن است در بعضی شرایط به بالاتر از حد مجاز برسد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری گروه بهداشت حرفه ای دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس سپاسگزاری می شود.

منابع

1. Sepai O, Henschler D, Sabbioni G (1995) Albumin adducts, hemoglobin adducts and urinary metabolites in workers exposed to 4,4'-methylenediphenyl diisocyanate. *Carcinogenesis*, 16(10):2583–2587.
2. Melzi G, Cappuccia N, Colli M,Molina v, Gas chromatography of 4,4'-diphenylmethane diiosocyanate in the workplace atmosphere. Jornal of chromatography A, 718:141-146, 1995
3. Carino M, Aliani M, Licitra C, Sarno N, Ioli F (1997) Death due to asthma at workplace in a diphenylmethane diisocyanate-sensitized subject. *Respiration*, 64:111–113.
4. International chemical safety cords (ICSE: O298), Methylen bisphenyl isocyanate, March 1999.
5. Crespo J, Galan J, Exposure to MDI during the process of insulation buildings with sprayed polyurethane from,PH: S0003-4878,OOO31-9 1999
6. Methods for the Determination of Hazardous substances Aromatic isocyanates in air-Field Method using acid hydrolysis diazotisation and coupling with N-2-aminoethyl-1-naphthylamine MDHS 49(october 1985).
7. The Massachusetts toxics use reduction institute, Massachusetts chemical fact sheet 4,4'-methylene diphenyl isocyanate.
8. Armorlok plus. Material Safety Data Sheet,CRS-0017.Honyewell International Inc. May 2001.
9. BASF Corporation. Polyurethane MDI Handbook. BASF Group in worldwide. February 2000.
10. IPCS. CFC, Ducumentation for Immediately Dangerous to Life or Health Concentration (IDLHs),Methylenebisphenyl isocyanate (MDI), CAS number: 101688, 1993.
11. James P, Lodge JR. Methods of air sampling and analysis: Determination of P,P-Diphenylmethane diisocyanate(MDI) in air,831-Method, 1991.
12. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Isocyanates, monomeric, Method: 5521, Issue 2. Fourth Edition, Augest 1994.
13. Ulrich, henri, chemistry and technology of isocyanates, john wiley & sons, england, 1996.
14. World health organization, Coneise international chemical assessment document 27 diphenylmethane diisocyanate (MDI), Geneva, 2000.