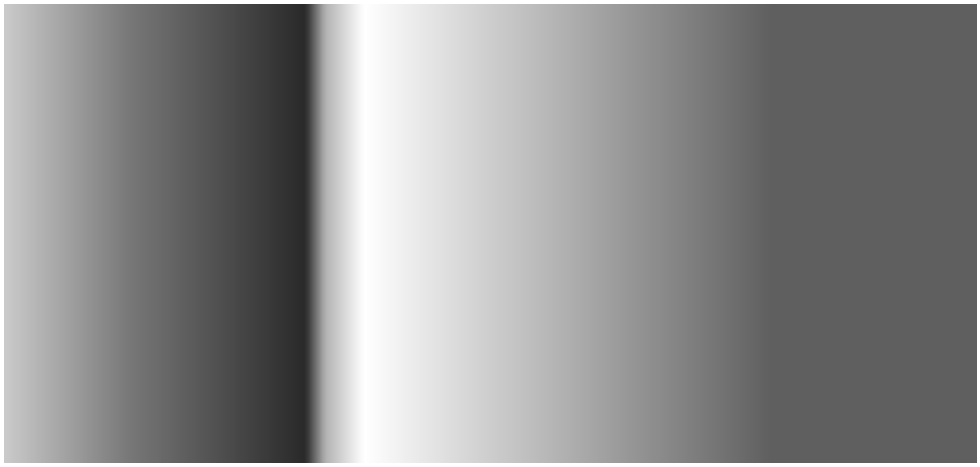
آزبست و جایگزین های آن

در صنایع مختلف





آزبست و جایگزین های آن

در صنایع مختلف

فهرست مطالب

مقدمه مولف ۴
پیش گفتار ۵

۱- کلیاتی در رابطه با آزبست ۶

۱- ۱ تعریف: ۶
۱-۲ انواع آزبست ۶
۱-۳ کاربردهای آزبست ۶
۱-۴ مهم ترین کاربردهای آزبست در ایران ۷
۱-۵ آزبست و سلامت انسان ۷
۱-۶ مهم ترین فراورده های آزبست ۸
۱-۷ آزبست و محیط زیست ۸
۱-۸ ممنوعیت استفاده از آزبست ۹
۱-۹ مصرف‌کنندگان عمده آزبست ۹
۱-۱۰ آزبست در ایران ۹

۲- مواجهه با آزبست در محیط های کاری ۱۲

۲-۱ چه مشاغلی در خطرند؟ ۱۲
۲-۲ راههای پیشگیری ۱۳
۲-۳ وسایل حفاظت فردی ۱۳

۳- جایگزین های آزبست ۱۴

۳-۱ جایگزین های آزبست در صنایع آزبست سیمان و ساختمانی ۱۴
۳-۲ جایگزین های آزبست در صنایع تولید مواد مالشی(لنت، کلاچ و...) ۱۷
۳-۳ جایگزین آزبست در واشرها ۲۱
نمونه هایی از واشرهای آزبستی ۲۲
۳-۴ جایگزین های آزبست در کامپوزیتها ۲۲
۳-۵ جایگزین آزبست در صنعت منسوجات نسوز ۲۲

۴- خواص خطرناک جایگزین های منتخب ۲۳

۴-۱ مقدمه ۲۳
۴-۲ پلی وینیل الکل (PVA) الیاف ۲۳
۴-۳ الیاف آرامید ۲۴
۴-۴ الیاف سلولزی ۲۴
۴-۵ وولاستونیت ۲۵
۴-۶ نتیجه گیری ۲۶

مقدمه مولف

امروزه آزبست با همه مزایایی که می تواند داشته باشد، به عنوان یک سرطانزای انسانی قطعی شناخته می شود. در نتیجه لازم است تا این قاتل خاموش که سالانه جان بیش از ۱۰۰ هزار نفر در سراسر جهان را می گیرد و عامل ۵۰ درصد از سرطانزاهای شغلی است را به بند کشید و مانع فعالیت بیشتر آن شد. از جمله اقداماتی که می تواند برای رسیدن به این منظور بسیار کمک کننده باشد جایگزینی این ماده با دیگر الیاف کم خطر و بی خطر است تا بدین وسیله از تعطیلی کارگاههای و کارخانجاتی نیز که از این محصول استفاده می کنند جلوگیری به عمل آید. در کشور عزیزمان ایران هم اکنون از آزبست به فراوانی در صنایع آزبست سیمان، صنایع لنت و کلاچ ترمز، صنایع کفپوش و ... استفاده می شود. با این حال نکته امیدوار کننده این است که برای همه این مواد جایگزین های مناسبی هم اکنون وجود دارد و در حال توسعه است. در این متن سعی شده است تا آخرین جایگزین های مورد استفاده در سطح جهان که بر روی آنها تحقیقات فراوانی نیز صورت گرفته است معرفی شوند تا صنعتگران از وجود آنها آگاهی یابند و در صورت نیاز بتوانند با پیگیری های بیشتر این ماده را از صنعت خود حذف کنند. امید است این تلاش بتواند گرهی از مشکلات بهداشتی کشورمان را حل کند و تا حدّ امکان مفید واقع گردد.

مهدی علی گل

کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای

پیش گفتار

از زمانیکه آزبست به عنوان یک سرطانزای قطعی انسانی شناخته شده است بیش از صد سال می گذرد ولی با این وجود هنوز مصرف این ماده خطرناک در بسیاری از کشورها ادامه دارد و آثار زیانبار آن بر سلامت انسان و محیط زیست دیده می شود؛ به طوریکه عامل بیش از ۵۰ درصد از سرطان های شغلی آزبست می باشد. البتّه در بسیاری از کشورها با شناخت خطرات این ماده سیاست هایی برای حذف و جایگزینی آن در نظر گرفته شده و بسیاری از کشورها با وجود اینکه در برهه هایی از زمان به وفور از این ماده استفاده می کرده اند هم اکنون موفّق به حذف این ماده شده اند و درنتیجه آثار زیان بار این ماده نیز به تدریج در حال رخت بربستن از این کشورهاست. حذف آزبست نه تنها یک نگرانی و اولویت ملّی برای بسیاری از کشورهاست بلکه یک دغدغه جهانی نیز می باشد و سازمانهای مهم بین المللی همچون سازمان جهانی بهداشت، سازمان جهانی کار و ... به شدّت در گیر این موضوع-اند و کنوانسیون روتردام یکی از قدم های بزرگ آنها در این زمینه است که جمهوری اسلامی ایران نیز در سال ۱۹۹۳ بدان پیوسته است. در نتیجه بر طبق مصوبه شورای عالی حفاظت محیط زیست در دوم مرداد ۱۳۷۹ مصرف آزبست در ایران از اول مرداد ۱۳۸۶ ممنوع شده است ولی به دلایل متعدّدی مصرف آزبست همچنان در حال حاضر در کشور ما ادامه دارد. البته این بدان معنی نیست که تلاش ها برای حذف این ماده متوقّف شده است؛ از جمله آن برنامه عملیاتی مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی است که قصد دارد تا سال ۱۳۹۱ این ماده را در محیط های کاری حذف وکنترل کند. در راستای این برنامه فعّالیت های متعدّدی صورت گرفته و در حال اجرا می باشد که بخشی از آن تهیّه مجموعه های آموزشی است. این بسته آموزشی نیز به مدد همکاران این مرکز برای نیل به این مقصد تهیه شده است. از آنجا که یکی از نیاز های آموزشی مهم در این زمینه به خصوص برای کارفرمایان عزیز شناخت جایگزین های موجود برای آزبست است درنتیجه این نیاز به این صورت پاسخ داده شد. امید است توصیه هایی که در این راهنما ارائه شده است برای همه کسانی که به دنبال حذف یا کنترل این ماده خطرناک اند مفید واقع گردد.

دکتر عبدالرحمن بهرامی

معاون فنی بهداشت حرفه ای

۱– کلیاتی در رابطه با آزبست

۱- ۱ تعریف:

آزبست[1] نام گروهی از ترکیب‌های معدنی منیزیوم و سیلیسیوم است که بیشتر در طبیعت به صورت الیاف معدنی و سنگ یافت می‌شود. این مواد به خاطر مقاومت زیادی که در برابر گرما و آتش دارند به عنوان مواد نسوز بکار می‌روند.

۱-۲ انواع آزبست

- **کریزوتایل: (آزبست سفید) خطر کمتری دارد و ۹۵ درصد مصرف جهانی این ماده را تشکیل می دهد.**
- **آموزیت: آزبست قهوه ای که کاربرد زیادی ندارد.**
- **کروسیدولیت :آزبست آبی که بسیار خطرناک می باشد.**

دیگر موارد:

- **ترمولیت**
- **اکتینولیت**
- **آنتوفیلیت**

☜ **باید دانست که ممکن است هریک از این انواع به نوع دیگر آلوده باشد مثلاً ممکن است الیاف نوع کریزوتایل به نوع کروسیدولیت آلوده باشد و در نتیجه خطر آن را به مراتب افزایش دهد.**

۱-۳ کاربردهای آزبست

کاربرد در صنعت:

- **عامل افزایش مقاومت سیمان در لوله‌های سیمانی و قطعات پوششی سقفی.**
- **عامل افزایش دهنده نقطه اشتعال در منسوجات و محصولات کاغذی.**
- **عامل افزایش مقاوت لنت‌های ترمز و کلاچ در برابر سایش.**

در کشورهای در حال توسعه، به طور گسترده‌ای از لوله‌های آزبست سیمان استفاده می‌شود، بطوری که ۳۰ درصد لوله‌های انتقال رسانی آب شهری در هندوستان را شامل می‌شود و ۱۹ درصد از شبکه آبرسانی کانادا نیز از جنس آزبست سیمان است.

---

[1] *Asbestos*

۱-۴ مهم ترین کاربردهای آزبست در ایران

در ایران نیز همانند بسیاری از کشورهای دیگر آزبست استفاده های فراوانی دارد که از جمله مهم ترین آن استفاده در صنایع آزبست سیمان مثل صنایع ورقه های موجدار، ساخت لوله های آزبستی، کاشی آزبستی و... می باشد. آزبست همچنین در تولید انواع لنت ترمز و دیسک کلاچ خودروها و ماشین های صنعتی کاربرد دارد.
همچنین ممکن است در بسیاری از صنایع از آزبست به عنوان ماده جنبی فرایند استفاده شود که از جمله آنها استفاده از آن به عنوان عایق کوره ها،لوله های گرم و ماده پرکننده، کاغذهای آزبستی و... باشد. در برخی از صنایع ممکن است از لباس های و پارچه های آزبستی نیز استفاده شود.

۱-۵ آزبست و سلامت انسان

الیاف آزبست می‌تواند به ذرات بسیار ریز و غیرقابل رویتی تبدیل شود. این ذرات نامرئی که قطر آن‌ها کمتر از ۰٫۵ میکرون است، در هنگام تنفس به اعماق شش نفوذ می‌کنند و برای همیشه در آن جا می‌مانند. با گذشت زمان این ذرات بر اثر تحریکات مداوم خود می‌توانند سبب بیماری‌های آزبستوسیس[۲]، سرطان ریه و یا بیماری مزوتلیوما[۳] شوند که همه آن‌ها در نهایت به مرگ منتهی می‌شوند.[۱]
بیماری‌های ناشی از استنشاق آزبست:

- **آزبستوزیس**
- **سرطان ریه**
- **مزوتلیوما**
- **سرطان حنجره**

با توجه به اینکه آزبست به تنهایی عامل بیش از ۵۰ درصد از سرطان های شغلی در سراسر دنیاست، کشورهای توسعه یافته بیش از پیش مصمم شدند تا مصرف این ماده را منع کرده و مشغول چاره جویی برای حل مشکل آزبست مصرف شده در کشورهایشان طی سال های گذشته شوند.
در همین زمان کشورهای در حال توسعه که به صنعت به عنوان بستری جهت پیشرفت کشورشان نگاه می کردند در حال رشد اقتصادی و گسترش صنایع خود بودند. در برخی از این کشورها که عمدتاً در آسیا قرار دارند، آزبست توجه اهالی صنعت را به خود جلب کرد آنچنان که که عوارض و اثرات آن بر روی سلامتی انسان ها مورد بی توجهی قرار گرفت. امروزه در حالی که اروپا با عوارض ناشی از مصرف آزبست طی ۳۰ تا ۵۰ سال گذشته دست به گریبان است آسیا هر ساله بر مصرف این ماده می افزاید.

---

۲ Asbestosis

۳ Mesothelioma

۱-۶ مهم ترین فراورده های آزبست

الف- محصولات آزبست سیمان:

شامل لوله‌های آزبست سیمانی، ناودانی، صفحات ایرانیت، دیوارهای پیش ساخته گچی و توفال های سقف، پوشش های سیمانی، برخی کاشی ها مثل کاشی کف های آسفالتی و کاشی کف های وینیلی، پلاستر های ضد صوت و پوشش های دکوری یا سقف.

مواد مالشی و اصطکاکی:

صفحه کلاچ، لنت ترمز، انواع واشر، پانل های تجهیزات آسانسور، کفشک های ترمز آسانسور و بالابر و...

پ- جامه های نسوز:

لباس، جلیقه، نمدها، هود های ازمایشگاهی، دستکش های آزمایشگاهی، پتوهای آتش نشانی، پرده های ضد آتش و دیگر مواد نسوز.

ت-ماده پرکننده و عایق:

عایق آزبست افشانه شده، ترکیبات درزگیر نواری شکل و کاغذهای آزبستی(عایق لوله و...)، مواد کاغذی ضدحرارت، مواد درزگیر ضد حرارت، عایق های ضد حرارت، عایق های ضد آتش، در های ضد آتش، ترکیبات اتصال دهنده، مواد چسبنده، ترکیبات بتونه، عایق های الکتریکی، عایق های سیستم تهویه مطبوع، عایق های دیگ بخار، مواد پارچه ای درزگیر مجاری، عایق برج های خنک سازی، مجاری الکتریکی و گرمایی، لباس های عایق الکتریسیته.

ث-سایر:

برخی رنگهای شیمیایی، پلاستیک و...

۱-۷ آزبست و محیط زیست

الیاف آزبست توسط استخراج از معدن، ارّه‌کشی، عملیات تخریب ساختمان‌هایی که در عایق‌سازی آنها از آزبست استفاده شده، و بطور کلی تخریب هر فرآورده آزبست دار به محیط زیست وارد می‌شوند. در شهرهای بزرگ یکی از مهم‌ترین راه‌های ورود آزبست به هوا از طریق لنت ترمز و کلاچ خودرو است.

از دید تولید کنندگان محصولات آزبست، از آنجا که صنعت آزبست، نیاز به انرژی کمتری در مقایسه با محصولات جایگزین که از پتروشیمی و استخراج فلزات بدست می‌آید دارد، دوستدار محیط زیست است.

آزبست در طبیعت وجود دارد و می‌تواند وارد آب‌ها شود، مدارک علمی موجود بیانگر این واقعیت است که با وجود اینکه آزبست در شبکه آبرسانی وجود دارد، مخاطرات بهداشتی از آن مشاهده نمی‌شود و بررسی‌ها نشانگر آن هستند که میزان آزبست موجود در آب آشامیدنی از نظر سلامتی زیان‌آور نیست. با این حال در بسیاری از کشورها شاخص های تعداد فیبر موجود در آب برای پایش میزان آزبست موجود در آب وجود دارد.

۱-۸ ممنوعیت استفاده از آزبست

مصرف آزبست از حدود سال ۱۹۸۰ میلادی در کشورهای صنعتی جهان به شدّت کاهش پیدا کرده‌است. این در حالی است که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه مصرف آن در حال افزایش است.

در سال ۱۹۹۶ نخست وزیر فرانسه، فرمانی مبنی بر ممنوعیت استفاده از آزبست صادر کرد. این فرمان شش ماده‌ای مقرر کرده بود که استفاده از آزبست در کلیه محصولات تا سال ۲۰۰۱ محدود و سپس بطور کامل قطع گردد تا از آلودگی زیست محیطی ناشی آزبست جلوگیری گردد.

به‌طور کلی اروپاییان معتقدند که آزبست سمی است و اثرات مخرب آن کاملاً شناسایی شده‌است ولی کانادایی‌ها اعتقاد دارند که به صورت کنترل شده و با احتیاط می‌توان از آن استفاده کرد. از این درگیری تحت عنوان "جنگ آزبست" یاد شده‌است. روسیه، چین و کانادا ۶۵ درصد تولید آزبست جهان را در اختیار دارند و کانادایی‌ها در حال گسترش فعالیت‌های خود هستند.

بر طبق مصوبه شورای عالی حفاظت محیط زیست در دوم مرداد ۱۳۷۹، مصرف آزبست در ایران از اول مرداد ۱۳۸۶ ممنوع شده‌است. در تبصره این مصوبه آمده است که در صورتی که پس از ۴۴ سال محرز شود که برای تولید لوله‌های آزبست سیمانی از نظر فنی، اقتصادی و زیست محیطی جایگزین مناسبی برای آزبست یافت نشده‌است، این تصمیم در مورد لوله‌های آزبست سیمانی قابل تجدید نظر خواهد بود.

ایران نیز در سال ۱۹۹۳ به *کنوانسیون روتردام* پیوسته است که کشورهای عضو آن تعهّد کرده اند تا در خصوص تجارت و حمل و نقل و مصرف برخی از مواد شیمیایی خطرناک اقدامات ایمنی خاصی را انجام دهند. البته تمامی انواع آزبست به جز کریزوتایل مشمول مواد شیمیایی این کنوانسیون هستند.

۱-۹ مصرف‌کنندگان عمده آزبست

عمده‌ترین کشورهای مصرف کننده آزبست در سال ۱۹۹۴ به ترتیب:

کشورهای همسود(مشترک المنافع)، چین، ژاپن، برزیل، تایلند، هندوستان، کره جنوبی، ایران، فرانسه، اندونزی، مکزیک، کلمبیا، اسپانیا، آمریکا

۱-۱۰ آزبست در ایران

در این میان کشور ما نیز از قاعده فوق مستثنی نیست. ایران طی ۵ دهه گذشته مصرف آزبست خود را از حدود ۲۰-۱۰ هزار تن به ۶۰-۵۵ هزار تن در سال افزایش داده یعنی مصرف خود را حدوداً چهار برابر کرده است. حدود ۹۰ درصد از آزبست وارداتی در کارخانجات آزبست- سیمان در محصولات سیمانی مانند لوله و ورق بکار گرفته می شود و حدود ۹-۷ درصد از آن در صنعت تولید لنت ترمز و کلاچ استفاده می شود. درصد بسیار جزئی از آزبست وارداتی در مواردی چون تولید عایق حرارتی، واشر سازی و محصولات حاوی آزبست مصرف می شود.

فعّالیت هایی که در سال های اخیر برای مقابله با مصرف آزبست در آسیا و ایران انجام شده موفقیت چشمگیری به همراه نداشته است. علیرغم تعیین حدّ مجاز مواجهه با آزبست در محیط کار، در بسیاری از کارخانجات مصرف کننده آزبست سطح تماس کارگران چندین برابر میزان مجاز است. اندازه گیری های محیطی از میزان آزبست در هوای شهرهای بزرگ زنگ خطری است جهت چاره اندیشی برای عوارضی که ساکنین این شهرها به علت مواجهه با آزبست در تمام طول عمر خود با آن مواجه خواهند شد.

فشارهای سیاسی و اقتصادی و مسائل کارگری فضا را جهت بحث و بررسی علمی پیرامون عوارض و خطرات مواجه با آزبست و یافتن راهکاری موثّر برای حل این مشکل تنگ کرده اند. بی توجّهی کارفرمایان، بی اطّلاعی کارگران، مقاومت صنایع همراه با بی توجّهی حکومت ها به عوارض درازمدت مواجهه با آزبست، همه و همه دست به دست هم داده اند تا این مشکل در کشورهای آسیایی مصرف کننده آزبست به صورت لاینحل باقی بماند.

اولین شواهد مصرف آزبست در ایران به قبل از جنگ دوم جهانی بازمی گردد که آلمانها از این ماده در ساختمان ایستگاههای راه آهن استفاده کردند. تولید محصولات آزبست سیمان در ایران به سال ۱۹۵۸ باز میگردد که کارخانه ای در تهران آغاز بکار کرد و مهمترین محصول آن ورقه های موج دار آزبست سیمان بود. این کارخانه که" ایرانیت "نام داشت از این نام برای محصول خود استفاده کرد و ورقه های آزبست موج دار از آن پس در ایران، ایرانیت نام گرفت این نامگذاری تا آنجا پیش رفت که پس از آن تمامی اشکال ورقه های موج دار حتّی نوع پلاستیکی آن به همین نام شناخته میشوند.

اطلاعات بدست آمده نشان میدهد که واردات آزبست ایران از دهه ۱۹۶۰ تاکنون حدوداً چهار برابر شده است. در حال حاضر سالیانه بین ۵۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ تن آزبست خام وارد کشور می شود که بیش از نیمی از این مقدار از کشور روسیه تامین شده است. برزیل، قزاقستان و کانادا دیگر تامین کنندگان آزبست ایران هستند.

ایران در برهه هایی از زمان آزبست نیز تولید کرده است. یک معدن تولید آزبست در نواحی شرق ایران وجود دارد که از سال ۱۹۷۴ شروع به کار کرده و تا سال ۲۰۰۳ که به کار خود خاتمه داده است که سالیانه حدود ۳۰۰۰ تن آزبست تولید کرده است. آزبست به عنوان ماده اولیه در بیش از ۵۰ کارخانه و کارگاه در ایران به محصولات آزبست تبدیل میشود. طی سالیان گذشته ۱۰ تا ۱۵ کارخانه تولید آزبست سیمان در ایران فعال بوده اند که در حال حاضر حدود ۵۰۰۰۰۰ تن محصولات حاوی آزبست تولید می کنند. تعداد کارگرانی که در این کارخانجات فعّالیت کرده اند بالغ بر ۵۰۰۰ نفر تخمین زده می شوند. حدود ۳۰ کارخانه و کارگاه تولید لنت ترمز و کلاچ نیز در ایران فعالیت میکنند که سالیانه حدود ۲۰۰۰۰ تن محصول تولید میکنند و تخمین زده میشود که حدود ۳۰۰۰ نفر در این صنعت مشغول بکار هستند اندازه گیری هایی که در برخی از این کارخانجات و کارگاه ها انجام شده نشانگر این است که سطح آزبست در هوای کارخانه در برخی قسمتها چندین برابر حدّ مجاز است. عدم توجّه به نکات بهداشت حرفه ای و عدم نظارت کافی موجب شده است که غبار آزبست همراه لباس کارگران به منزل برده شده و خانواده های آنان را نیز در معرض خطر قرار می دهد. آزبست بعنوان یک آلاینده محیطی نیز در ایران اهمیت دارد. میلیون ها نفر در شهرهای بزرگ در معرض این ماده قرار دارند. مطالعه ای که در سال ۲۰۰۷ برای اندازه گیری غلظت آزبست در هوای تهران انجام شده است نشان میدهد که غلظت

فیبر در برخی نقاط بین ۰/۱- ۰/۲ f/ml است. با توجّه به رشد جمعیت و افزایش تعداد خودروها به نظر میرسد این وضعیت در آینده نامطلوبتر شود.

البته قوانینی در ایران برای حفظ محیط زیست وضع شده است. از آن جمله می توان به دستورالعملی اشاره کرد که توسط سازمان حفاظت محیط زیست در سال ۲۰۰۰ وضع شده که طبق آن به صنایع مصرف کننده آزبست فرصت داده شده تا ظرف مدت ۷ سال مصرف آزبست را قطع کرده و از مواد دیگر بجای آزبست در تولیدات خود استفاده کنند. البته با وجود اینکه مهلت تعیین شده پایان یافته هیچ یک از صنایع مصرف کننده آزبست اقدام جدّی در این خصوص انجام اند. همچنین این دستورالعمل تاکید میکند که احداث هر واحد صنعتی که از آزبست در تولیدات خود استفاده کنند ممنوع است.

مطابق قانون کار جمهوری اسلامی ایران معاینات سالیانه کارگران اجباری است اگر چه بنظر میرسد این معاینات برای درصد کمی از کارگران انجام میشود که عمدتاً شامل کارگرانی است که در صنایع بزرگ مشغول به کار هستند. با توجه به عدم آشنایی پزشکان با مقوله طب کار و سلامت شغلی بنظر می رسد در کیفیت معاینات انجام شده نیز باید تامّل کرد. همین موضوع موجب شده که تعداد بیماریهای شغلی گزارش شده بسیار کمتر از میزان واقعی آن باشد.

در سال ۱۹۹۸ وزارت بهداشت و درمان و آموزش پزشکی میزان f/ml۰/۲ را بعنوان حدّ مجاز مواجهه با آزبست تعریف کرده است.

اگرچه وزارت بهداشت بر اندازه گیری آلاینده های هوا در محیط های کاری تاکید دارد ولی به علّت عدم توان کافی در نظارت متاسّفانه این امر به خوبی انجام نمی گیرد. در صنایع کوچک نیز عدم وجود برنامه ریزی، نظارت و معاینات ادواری موجب مواجهه کارگران این بخش شده است.

سیستم ثبت سرطان ایران که تخمین زده می شود پوششی در حدود ۸۰ تا۹۰ درصد داشته باشد، در سال ۲۰۰۵ تعداد ۵۵ مورد مزوتلیوما گزارش کرده است. این سیستم همچنین ۱۷۶۴ مورد سرطان ریه (آدنوکارسینوم) در این سال گزارش کرده است. اگرچه اطلاعات دقیقی از شغل این افراد در دست نیست ولی ارتباط قوی بین مواجهه با آزبست و مزوتلیوما، این فرضیه را که این افراد قربانیان مواجهه با آزبست هستند به شدّت مطرح میکند.

اطّلاعات در خصوص سایر بیماری های ناشی از آزبست مانند آزبستوز و بیماریهای پلور ناشی از آزبست نیز ناقص و دور از حدّ انتظار است، به گونه ای که طبق آمار وزارت بهداشت طی سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶، به ترتیب ۱۴۴، ۲۳۰ و ۱۰ مورد آزبستوز در کشور گزارش و ثبت شده است. متاسّفانه آماری از بیماری پلور ناشی از مواجهه با آزبست در دست نیست. با توجّه به تعداد زیاد کارگرانی که با آزبست مواجهه دارند و غلظت بالای آزبست در محیط های کاری، آمار فوق بسیار تامّل برانگیز است. همه این موارد نشان دهنده اهمیت این ماده خطرناک به عنوان یک تهدید کننده سلامت جامعه می باشد و باید برای آن چاره ای منطقی اندیشید که بایست از طریق برنامه ای منظم صورت گیرد. در این راستا ارائه جایگزین های مناسب می تواند برای اهالی صنعت بسیار مفید واقع شود. در اینجا کمی درمورد مواجهه با آزبست بحث کرده و سپس به معرفی جایگزینها می پردازیم.

۲– مواجهه با آزبست در محیط های کاری

راه اصلی:

- **دستگاه تنفسی یا ریه ها (راه اصلی)**

راههای فرعی:

- **بلعیدن یا دستگاه گوارش**
- **پوست (برخی کارگران ساختمانی)**

آزبست به خصوص زمانی خطرناک تر می شود

که ترد و شکننده باشد. در این حالت به راحتی می تواند در فضا آزاد گردد. الیاف ریز تر می توانند برای مدّت زیادی در هوا باقی بمانند. آنها سپس از راه دهان و بینی به کیسه های هوایی بسیار کوچک شش ها رفته و باعث بیماری می شوند.

- **سالانه بیش از صد میلیون نفر در جهان در مواجهه با آزبست قرار می گیرند که بیش از صد هزار نفر از آنها در هر سال جان خود را از دست می دهند.**
- **حتّی کارگرانی که با لباس های خود آزبست را به منزل ببرند ممکن است افراد خانواده آنها به خصوص فرزندانشان را به بیماری مبتلا سازند.**

مواردی که خطر بیماری های مربوط به آزبست را افزایش می دهد:

- **تنفس مقدار زیاد الیاف**
- **مدّت زمان طولانی مواجهه**
- **کشیدن سیگار**
- **سنّ پایین به خصوص کودکان**

۲-۱ چه مشاغلی در خطرند؟

اگر شما در یکی از کارخانجات تولید محصولات آزبستی، معادن آزبست، ساخت و تعمیر لنت ترمز و کلاچ و کارهای ساختمانی کار می کنید یا اگر پلیس راهنمایی و رانندگی هستید باید بدانید که در معرض خطر آزبست قرار دارید.

شما زمانی بیشتر در مواجهه قرار می گیرید که:

- **اطّلاعی از خطرات این ماده نداشته باشید.**
- **مواد دارای آزبست را نشناسید.**
- **از روش هایی که باعث کاهش خطر می شوند استفاده نکنید (به دلایلی مثل عجله یا خستگی).**
- **سیگار بکشید و در حین کار با آزبست غذا بخورید.**

۲-۲ راههای پیشگیری

بهترین راه پیشگیری قطع کامل مواجهه با آزبست می باشد. این شرایط را طبق قانون باید کارفرمای شما ایجاد کند. مثلاً از ماده جایگزین آزبست استفاده کند، آن را محصور کند، از تهویه موضعی استفاده کند و... ؛ ولی در مواردی که مواجهه اجتناب ناپذیر است رعایت برخی اصول می تواند مفید باشد:

کارهایی که نباید انجام دهید:

- **انجام اعمال و روش هایی که باعث گرد و غبار زیادی می شوند(مثل نظافت محل با جاروهای دستی، الک کردن آزبست و...)**
- **سیگار کشیدن چرا که خطر را نزدیک به ۳۰ برابر می کند.**
- **خوردن و آشامیدن در محل های کاری که آزبست وجود دارد.**

کارهایی که باید انجام دهید:

- **پیش از شروع به کار از وجود آزبست در محل اطّلاع یابید.**
- **در صورتیکه که کارفرما از وجود این ماده یا از خطرات آن آگاه نیست فوراً به او اطّلاع دهید.**
- **قبل از رفتن به منزل دوش بگیرید.**
- **از وسایل حفاظت فردی مناسب استفاده کنید**

۲-۳ وسایل حفاظت فردی

تا زمان حذف آزبست از فرایند در صورت لزوم کارکنان شما باید از وسایل حفاظت فردی مثل ماسک های مخصوص استفاده کنند(به عنوان آخرین راه چاره یا به عنوان راهی مکمّل). به یاد داشته باشید که ماسک های معمولی پارچه ای یا بستن دستمال نمی‌تواند مفید واقع شود.

به خاطر داشته باشید:

- **الیاف آزبست با چشم غیر مسلح دیده نمی شوند.**
- **شما نمی توانید بوی الیاف آزبست را استنشاق کنید.**
- **علائم و بیماری های مربوط به آزبست چندین سال طول می کشد تا مشخص شوند.**
- **سیگار کشیدن خطرات مربوط به آزبست را چندین برابر افزایش می دهد.**
- **آزبست وقتی وارد هوا شود بسیار خطرناک می شود.**
- **طبق قانون شما موظّف به تأمین سلامتی کارگران خود هستید.**

۳- جایگزین های آزبست

همانطور که پیش از این در قسمت پیشگیری بحث شد بهترین راه مقابله با خطرات آزبست حذف آن است. امّا از آنجاکه این حالت همیشه امکان پذیر نیست در نتیجه باید در بسیاری از موارد دست به جایگزینی یا جانشینی آن با مواد کم خطر زد. قبل از شروع بهتر است در مورد کلمات جانشین و جایگزین که ممکن است ابهاماتی ایجاد کند صحبت شود. جانشین یا آلترناتیو همیشه موجود است و مبتنی بر ملاحظات فنی و یا تجاری است. مثال آن جانشینی ورق های آزبست سیمان با ورقهای فلزی و پی وی سی یا جانشینی واشرهای آزبستی با واشرهای فلزی و واشرهای گرافیتی است. ولی جایگزینی به معنی تعویض ماده خطرناک یک محصول با نوع کم خطر یا بی خطر است به عنوان مثال جایگزینی الیاف آزبست با الیاف سلولزی در ورق های موجدار.

در اینجا تاکید بر معرفی جایگزین های مناسب برای آزبست درکشور است ولی برخی از جانشین ها نیز در حین بحث ممکن است معرفی شوند.

الزام برای یک جایگزین یا جانشین این است که ایمن تر از ماده ای باشد که می خواهیم آن را تعویض کنیم. گذشته از ملاحظات فنی و اقتصادی، از نظر بهداشتی سه معیار دوز، بعد و ماندگاری(مقاومت زیستی) از اصول مهم در تعیین یک ماده جایگزین می باشد. در مورد جایگزینی آزبست، الیاف باید کوتاه، ضخیم، و با ماندگاری اندک باشند. قطر الیاف نیز تعیین کننده هر دو عامل غلظت در هوا و قابلیت تنفس است و باید به عنوان یک مولفه اساسی خطر ذاتی در نظر گرفته شود. ماندگاری الیاف تعیین کننده دوام الیاف در ریه و بنابریان دوز یکپارچه در طی زمان است. غبارآلودگی نیز بوسیله هردو پارامتر قطر و تمایل طبیعی به آزادسازی الیاف قابل تنفس تعیین می شود و بنابراین تاثیری چشمگیر بر پتانسیل مواجهه دارد.

۳-۱ جایگزین های آزبست در صنایع آزبست سیمان و ساختمانی

در سال های اخیر در سطح جهانی بیشترین کاربرد آزبست را فرآورده های آزبست سیمان تشکیل می دهد.(۹۰ درصد مصرف آزبست به محصولات آزبست – سیمان و ۷ درصد آن برای مواد اصطکاکی تعلق دارد) در ایالات متّحده، مصرف عمده در ترکیبات سقف(۶۲٪)، درزگیر(۲۲٪)، و محصولات اصطکاکی(۱۱٪)، مقادیر اندکی نیز برای مصرف در عایق و محصولات پارچه ای نسوز به کار گرفته می شود.

جایگزین های این مواد محدود به محصولاتی که به راحتی جایگزین آزبست می شوند نمی باشد(مثل □□□ و سلولز در ورقه های الیاف سیمان سقف) بلکه تعدادی از محصولات کاملاً مختلف وجود دارد که می توانند جایگزین آزبست شوند.

عمده محصولات آزبست سیمان که برای آن جایگزین استفاده میشود و یا مورد نیاز است ورقهای موجدار(ایرانیت)، ورق مسطح و تیغه ها، لوله های فشار و محصولات قالب ریزی شده سیمانی است. معمولا □□□ و سلولز به عنوان جایگزین استفاده می شود، به ویژه برای ورق های مسطح و موجدار. الیاف دیگر مانند پلی



اکریلو نیتریل(□□□) [۴] و یا فایبر گلاس نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. پلی پروپیلن برای برخی از استفاده ها مناسب است مثلاً استفاده از رشته های پلی پروپیلنی در برخی از ورقه های مسطح یا موجدار که کمتر استفاده می شود. الیاف سلولزی کیفیت بالا دارای پتانسیل خوبی به عنوان یک محصول جایگزین می باشد و خصوصیات استحکامی آن می تواند با افزایش بارگذاری آن نسبت به بارگذاری آزبست و یا با اختلاط آن با برخی از الیاف مصنوعی مانند □□□ به محصول افزایش یابد. اشکال واضح این حالت این است که مقاومت آن در برابر درجه حرارت نسبت به نوع محصول آزبست سیمان کمتر است و، مانند دیگر الیاف آلی، بدون گسترش شعله می سوزد. به منظور غلبه بر این مشکل، میکا یا وولاستونیت[۵] می توانند به منظور افزایش مقاومت در برابر حرارت. اضافه شود.

اگر چه رشته های جایگزین می توانند به منظور تقویت سیمان در ورق یا محصولات ورقه ای استفاده شود، اما برای لوله های آزبست سیمان تحت فشار به دلیل الزامات مقاومت مشخص با استانداردهای ملی یا بین المللی توصیه نمی شود. بنابراین، در این موارد ، از مواد دیگر از جمله، پلی ونیل کلراید غیر پلاستیکی (□□□□) و پلی اتیلن و چدن نشکن و پلاستیک تقویت شده با شیشه استفاده می شود

برخی از موادی که می توانند به عنوان جایگزین در این صنایع استفاده شوند و تکنیک آن در کشور نیز موجود است استفاده از انواع الیاف طبیعی(الیاف نارگیل، الیاف سیسال، تفاله نیشکر، کتان، رامی، شاهدانه، کنف، کاه، چوب و...)برای تقویت کامپوزیت های سیمانی) که موضوع جدیدی محسوب نمی شود و بیش از دو دهه است که تحقیقات در این زمینه در حال انجام است. در رابطه با این موضوع، تحقیقات و مطالعات متعددی در خصوص تاثیر کاربرد انواع الیاف طبیعی و اصلاح ویژگی های آنها بر روی خواص فیزیکی، مکانیکی و دوام کامپوزیت های ساخته شده با این نوع الیاف انجام گردیده است. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن نیز تاکنون تعدادی پروژه تحقیقاتی در این زمینه به انجام رسانده است و در این پروژه ها مطالعات آزمایشگاهی گسترده ای به منظور بررسی جایگزینی انواع الیاف طبیعی و مصنوعی برای تولید ورق های سیمانی غیرآزبستی صورت گرفته که نتایج آن در

---

[۴] polyacrylonitrile

[۵] wollastonite

سطح آزمایشگاهی موفق بوده است؛ لیکن نکته مهم در خصوص استفاده از این نوع الیاف به منظور جایگزینی آزبست در مقیاس کارخانه ای تغییر خطوط تولید به دلیل نیاز به عملیات اصلاح جهت مناسب سازی خواص الیاف در تولید ورق های غیر آزبستی است که البته اقداماتی نیز در این رابطه از سوی معدودی از کارخانحات موجود در کشور انجام شده است.

تعدادی از جایگزین ها و جانشین های محصولات آزبستی در جدول زیر آمده است:

ماده آزبستی	جایگزین
ورقه های موجدار آزبست سیمان(ایرانیت)	الیاف مصنوعی(پلی وینینل الکل، پلی پروپیلن)، و الیاف طبیعی سلولزی(تخته های چوبی، بامبو، سیسال، نیشکر و...) کاشی های میکرو کانکرت ورقه های فلزی گالوانیزه کاشی های رسی سنگ لوح کاشی های با پوشش فلزی(هاروی) کاشی سقف های آلومینیومی(کاشی دکرا) پلی پروپیلن قابل بازیافت و پلی پروپیلن فشرده آلومینیوم با پوشش پلاستیک گالوانیزه با پوشش پلاستیک
ورقه های آزبست تخت(سقفی، پارتیشن، سردر)	سیمان الیاف با استفاده از الیاف سلولزی، الیاف مصنوعی، تخته های سقف گچی، سقف های پلی استایرن، قرنیس گچی، ورقه های با روکش فلزی، آجر نما، چارچوب های گالوانیزه ای با تخته پلاستر یا سیلیکات کلسیم تخته های چوبی مسطح
لوله های آزبست سیمان	پرفشار: لوله چدنی و آهنی، لوله پلی اتیلنی پرفشار لوله وینیل کلراید لوله سیمانی تقویت شده با فولاد(در ابعاد بزرگ) لوله پلی استر تقویت شده با شیشه

	کم فشار: لوله سیمان سلولز لوله سیمانی سلولزی/الیاف **PVA** لوله های سفالی(رسی) لوله پلی استر تقویت شده با شیشه لوله سیمانی تقویت شده با فولاد(در ابعد بزرگ)
تانک های ذخیره آب آزبست سیمان	سیمان سلولز پلی اتیلن پشم شیشه فولاد آهن گالوانیزه سیمان با الیاف سلولزی-**PVA**
آبرو های آزبست سیمان؛ باز(صنعت معدن)	گالوانیزه آلومینیوم **PVC**

۳-۲ جایگزین های آزبست در صنایع تولید مواد مالشی(لنت، کلاچ و...)

سه محصول عمده اصطکاکی وجود دارد - لنت های ترمز، پد یا لایه ترمز و صفحه کلاچ. ترکیب محصولات حاوی آزبست پیچیده است که این به خاطر این است که بیش از چندین سال این محصولات تکامل یافته اند تا تحت نیروهای شدید و درجه حرارت بالا بدون خرابی کار کنند. یک لنت ترمز آزبستی معمول دارای بیش از ۴۰٪ آزبست کریزوتایل است و از بیش از ۲۰ توع ترکیب دیگر تشکیل شده است که از جمله آن رزین های فنولیک است. جایگزین غالب برای کریزوتایل در محصولات اصطکاکی الیاف آرامید[۶] است، هر چند پان[۷] **(PAN)**، و برخی جایگزین های مواد نیمه فلزی مثلاً حاوی مس (معمولا در ترکیب) دیسک های با مواد آلی(با الیاف شیشه ای، کربنی یا لاستیکی)، دیسک های سرامیکی و دیسک های با فلز کم[۸]، تیتانات پتاسیم و... نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

---

۶ **aramid**

۷ **Polyacrilonitrile**

۸ **low metallic**







تصاویری از محصولات اصطکاکی حاوی آزبست(از بالا به پایین)

۱. لنت ترمز
۲. کلاچ
۳. کفشک های ترمزهای دیسکی

یکی از ترکیبات مشابه آرامید ترکیب کولار(Kevlar) یا پارا آرامید است که در ساخت لنت ها و دیسک ها کاربرد دارد. از این ماده به فراوانی برای ساخت بدنه قایق های کوچک نیز استفاده می شود.

مثالهای زیر نشان دهنده ویژگی های نسبی فنی برخی از الیاف جایگزین است.

نیروی استحکام خوب متوسط ضعیف	• الیاف آرامید، الیاف کربن، پشم شیشه، P.V.A • الیاف سلولز، الیاف پلی پروپیلن، RCF، پشم های معدنی • PTFE
مقاومت حرارتی خوب متوسط	• پشم های معدنی، RCF(دمای بالای ۴۰۰ درجه سانتیگراد) • الیاف آرامید، پشم شیشه، PVA، الیاف پلی اکریلو نیتریل
مقاومت شیمیایی خوب متوسط ضعیف	• الیاف پلی بنزیمیدازول، الیاف پلی اکریلو نیتریل، PTFE، الیاف کربنی، بسیاری از الیاف معدنی(نه محلول در اسیدها)، • الیاف آرامید • الیاف سلولزی

مواردی که باید در جایگزینی مواد غیر آزبستی با مواد آزبستی در صنایع لنت و دیسک مورد توجه قرار گیرد:

- هزینه تکنولوژی و مواد محصولات غیر آزبستی خیلی بیشتر از نوع آزبستی نشود.
- فرایند های مربوط به ساخت آن پیچیده نباشد.
- هزینه محصول نهایی خیلی زیادتر از نوع آزبستی نشود.
- ماده جایگزین کم خطرتر از ماده آزبستی باشد.
- قدرت عملکرد ماده جایگزین مناسب باشد یعنی ضریب اصطکاک، ثبات گرمایی، میزان فرسایش، قدرت یا استحکام مواد، تولید صدا، ساییدگی یا فرسایش دیسک، رسانایی گرمایی، و ... مناسب باشد و در نتیجه ایمنی رانندگی نیز حفظ شود.
- نگرش مشتری به آن مثبت باشد. مثلاً برخی مشتری ها معتقدند که لنت های آزبستی سروصدا و غبار سیاه(کنار دیسک لنت) دارند و همچنین عمر کوتاهی دارند همچنین رانندگان در اصطلاح حسّ خوبی در ترمز گرفتن با این لنت ها ندارند.



غبار سیاه کنار دیسک لنت غیر آزبستی

دامنه ای از ترکیبات معمول که هم اکنون در تولید مواد اصطکاکی به کار می رود شامل موارد زیر است.

عملکرد	مواد	
اتصال دهنده	**فنولیک، اپوکسی و...**	**رزین**
استحکام مواد اصطکاکی	**فولاد، آرامید، پشم شیشه**	**الیاف**
افزایش ضریب اصطکاک	Cu,Cu-Zn,Fe,Al,Zn **و...**	**پودرهای فلزی**
پیشگیری از سوراخ های ریز در روتور	**گرافیت،** MoS۲,mica **و...**	**لیز کننده های جامد**
یکدستی و تمیزی سطح روتور	Al۲SO۳,SiO۲,MgO,Fe۲O۴	**زبر کننده**
کاهش فرسایش در دمای پایین	**غبار Cashew، لاستیک و...**	**پرکننده های آلی**
کاهش فرسایش در دمای بالا	BaSO۴, CaCO۳, Ca(OH)۲	**پرکننده های غیر آلی**

امروزه استفاده از الیاف آرامید با کمی الیاف فلزی مس یا فولاد یا در برخی مواد الیاف سرامیکی یا پشم شیشه از بقیه موارد معمول تر است. نکته قابل توجه این است که تکنولوژی مواد غیر آزبستی مداوماً در حال بهبودی است.

هم اکنون یک خط تولید بزرگ لنت های ترمز غیر آزبستی در کشور به تازگی مشغول کار شده است که به خاطر تکنولوژی وارادتی پیشرفته آن قیمت مناسبی نیز دارند. این تکنولوژی می تواند با گذر از مراحل خاصی در اختیار دیگر شرکت ها نیز قرار گیرد.
برخی دیگر از شرکت های داخلی نیز قدرت تغییر خط تولید را دارند ولی به سبب هزینه بیشتر ی که هم اکنون لنت ها ی غیر آزبستی دارد به سمت آن نرفته اند و در صورتیکه شرایط واردات اصلاح شود آنها نیز قادر به تغییر خواهند بود.

وجود باندهای ساخت لنت های تقلبی در این صنعت که احتمال این را دارد که فراورده های آزبستی را به جای غیر آزبستی به فروش رسانند. حتی برخی از این باندها نام و نشان تجاری شرکت ها ی بزرگ تولیدی را روی محصولات خود می زنند که این مسئله را پیچیده تر می کند.
با این همه هیچ دلیل فنی یا ایمنی وجود ندارد که بتواند از جایگزینی لنتها و دیسک ها ی آزبستی با نوع غیر آزبستی جلوگیری کند چه درخودروهای جدید و چه قدیمی تر. تجربه کشورهای اروپایی، ژاپن، ایالات متحده نیز نشان داده است که حذف مواد آزبستی و جایگزینی آنها امکان پذیر است.
برای رسیدن به این هدف به شدت نیاز است که کنترل و نظارت بر واردات لنت و دیسک تقویت گردد تا تولید کنندگان داخلی دچار زیان نشوند چراکه در بازار رقابتی لنت های ترمز آزبستی به علت ارزانی و برخی ویژگی های دیگر ممکن است پیروز شوند و در نتیجه تولید کنند گان لنت غیر آزبستی به مشکل بخورند. در صورتیکه در مورد این مسئله چاره ای اندیشیده نشود سازندگان داخلی به سرمایه گذاری در ساخت و جایگزینی محصولات غیر آزبستی تشویق نمی شوند و در نتیجه واردکنندگان به واردات لنت های آزبستی ادامه می دهند و سازندگان نیز به تولید محصولات آزبستی ادامه می دهند چراکه بازار آن وجود دارد.

مسئله دیگر جایگزینی لنتها و دیسک ها در خودروهایی است که ذاتاً با تجهیزات آزبستی تطابق یافته و ساخته شده اند یعنی کارکرد خودرو با تعویض نوع غیر آزبستی با آزبستی تغییر نامناسب یا مناسب می کند.میزان این تغییر متفاوت است و در این مورد اطلاعات کافی در دسترس نمی باشد. هر چند که این جایگزینی در بازار برخی کشورها و یا در این خودروها نشان دهنده مشکل محسوسی نیست.

مسئله دیگر کنترل و نظارت نامناسب بر روی لنت های تولیدی و وارداتی است تا در صورتیکه دارای آزبست باشند از ورود آنها منع شوند.

۳-۳ جایگزین آزبست در واشرها

واشرهای ساخته شده از الیاف فشرده آزبست (□□□) به طور گسترده ای در توربینها، کمپرسورها و موتور خودروها استفاده می شود. □□□ از کریزوتایل متصل به پلیمرها (لاستیک طبیعی و یا مصنوعی) تشکیل شده است. طیف گسترده ای از جایگزینها در این مورد توسعه یافته اند و یا در حال ساخت اند که از جمله فیبر یا الیاف آرامید است. موادی مثل پشم شیشه، به همراه فیلرهای معدنی و یا فیبر های شیشه ای با پرکننده معدنی مانند وولاستونیت، تالک و میکا نیز از این گونه اند. واشرهای نیمه فلزی و فلزی کامل نیز در دسترس هستند که با استفاده از مواد سابق مانند پلی تترافلوئورواتیلن یا تفلون (□□□□) و گرافیت ساخته می شوند. این امکان وجود دارد که به دلایل فنی واشرهای بدون آزبست عملکرد کمتری نسبت به همتایان حاوی آزبست داشته باشند ولی این مزیت وجود دارد که خطر آن برای سلامتی بسیار کمتر است. نمونه هایی از واشرهای حاوی آزبست را می توانید در شکل زیر می بینید.



نمونه هایی از واشرهای آزبستی

۳-۴ جایگزین های آزبست در کامپوزیتها

آزبست و طیف وسیعی از دیگر الیاف در تولید عایق های گرمایی و کامپوزیتهای ترموسیت(مقاوم در برابر حرارت) کاربردهای مهندسی بسیار مهمی دارند. با وجود اینکه در رقابت هیچ نوع فیبر دیگری همه خواص آزبست را ندارد، جایگزین های متعددی به طور مستمر در حال توسعه و معرفی برای انواع مقاصد هستند. برخی از این موارد ممکن است حتّی در برخی اعمال عملکرد بهتری نیز داشته باشند. آنها عبارتند از الیاف آرامید، پشم شیشه، الیاف کربنی، الیاف پنبه ای، الیاف آلی و الیاف معدنی مصنوعی (گاهی در ترکیب) و طیف وسیعی از مواد معدنی ذره ای پرکننده.

۳-۵ جایگزین آزبست در صنعت منسوجات نسوز

الیاف مقاوم در برابر درجه حرارت که در لابلای منسوجات بافته می شوند می توانند دمایی بین ۲۰۰ تا ۱۲۰۰درجه سانتی گراد را تحمل کند و در برابر شرایط دشوار مانند ترشح فلز مذاب، جرقه جوشکاری و شعله برهنه مقاومت داشته باشد. آنها نیاز به مقاومت در برابر حرارت و همچنین قدرت و انعطاف پذیری (و احتمالا حجمی) برای ارائه عایق حرارتی مناسب هستند. آزبست در وسط این محدوده و دمایی نزدیک به ۶۰۰ درجه سانتیگراد را تحمل می کند. الیاف مقاوم دیگر می توانند در انتهاهای بالاتر مورد استفاده قرار گیرند و الیاف مصنوعی آلی در دماهای پایین تر استفاده می شوند. برای تلاقی با خواص حرارتی (و مقاومت در برابر مواد شیمیایی) مورد نیاز محصول، ترکیب های مختلف آلی، شیشه ای، الیاف مصنوعی و فلزی برای کاربردهای خاص توسعه یافته اند. پلی بنزیمیدازول نیز هم اکنون به خاطر مقاومت حرارتی مناسب(دمای ذوب ۷۶۰ درجه سانتیگراد)و خاصیت غیر اشتعالی آن اغلب برای ساخت دستکش، طناب و منسوجات نسوز به کار گرفته می شود.

۴- خواص خطرناک جایگزین های منتخب

۴-۱ مقدمه

طیف وسیعی از مواد الیافی با انواع خواص فیزیکی و شیمیایی برای استفاده به عنوان جایگزین آزبست در نظر گرفته شده اند، و لازم است در مورد هر یک از الیاف جایگزین بالقوه قضاوت شود که آیا چنین جایگزینی در طول چرخه عمر کامل محصول باعث افزایش ایمنی (و / یا مزایای دیگر) خواهد شد یا خیر. مسائل مربوط به عملکرد محصولات در اینجا ارائه نمی شود، بلکه مسائل مربوط به خطرات آنها بیشتر مد نظر قرار می گیرد. با توجه به اینکه ۳ عامل کلیدی دوز، اندازه و ابقای زیستی در خطرناک بودن الیاف مورد توجه اند در مورد مثال های زیر نیز این سه عامل توضیح داده می شود.

۴-۲ پلی وینیل الکل (PVA) الیاف

استفاده غالب از الیاف **PVA** در تقویت سیمان است. قطر این الیاف چنان است که، به عنوان تولید، آنها بالاتر از حد تنفسی هستند و بسیاری از آنها قابل استنشاق نخواهند بود. در زمان ارزیابی این ویژگی لازم است دانسیته دست پایین (حدود ۱.۳) در مقایسه با الیاف مواد معدنی در نظر گرفته شود، به این معنی که حد تنفس برای این رشته در حدود ۷ میکرون است که بیش از ۳ میکرومتری خواهد شد که معمولا برای مواد معدنی فرض می شود. با این وجود، الیاف تولید شده اغلب در محدوده ۱۰-۱۶ میکرون قطر است که کسر تنفسی آن کوچک خواهد شد.

شواهدی وجود دارد که الیاف فیبریله[۹] نمی شوند و طبیعت این ماده نشان می دهد که یک مد شکستگی معمول دارد. علاوه بر این، بسیاری از ذرات مشاهده شده این ماده در اتمسفر بیش از حد کوتاه اند تا با معیار مورد توافق (**WHO**) نسبت ابعاد ۰۳:۰۱ تلاقی کنند و با این تعریف به عنوان الیاف شناخته نمی شوند. اگر چه اطلاعات چاپی سم شناسی در مورد **PVA** نسبتا پراکنده اند امّا خطرات آن از آزبست بسیار کمتر گزارش شده است. استفاده نابجا یا نادرست از این ماده نیز خطرات زیادی ایجاد نمی کند.



[۹] **fibrillate**

۴-۳ الیاف آرامید

الیاف آرامید در خط تولید مواد اصطکاکی، واشرها و مواد پرکننده استفاده می شود. آنها عمدتا قطر زیادی دارند(۱۰-۱۲ میکرومتر قطر را به عنوان ساخته شده) و در نتیجه بالاتر از حد قابل تنفس اند، در سطح الیاف فیبریل وجود دارد و می توانند در عملیات با یک انرژی بالا آزاد شوند. الیاف تحت فشار فیبریله نمی شوند اگر چه پتانسیل آزادشدن قطعات فیبری با اعمال نیروهای برشی وجود دارد. آزمایش های روی حیوانات فیبروزیس را در پاسخ به دوز بالا نشان داده شده است، اما کیست "کراتینه شده پرولیفراتیو" مرتبط به طور کلی برای تماس با انسان در نظر گرفته نمی شود اما درموش های تنها در سطوحی رخ می دهد که در آن مکانیسم کلیرانس ریوی به شدت مهار شده باشد (IARC، ۱۹۹۷a). بروز مزوتلیوما در موش های با تزریق داخل صفاقی فیبرهای کمتر از سطح معمول مثبت در نظر گرفته شد اما برخی از محققان ملاحظه کردند که یک اثر حاشیه ای نیز وجود دارد. در این رابطه این فیبر می تواند کم خطر تر از آزبست(کریزوتایل) در نظر گرفته شود که در آن در بدترین حالت یک ارتباط ضعیف با مزوتلیوما دیده شده است. فیبریل های این ماده در ریه به میزانی خیل سریع تر از کریزوتایل زیست تخریب پذیر گزارش شده اند (Searl ۱۹۹۴). از ساختار پلی آمیدی آن نیز انتظار نمی رود که در محیط باقی بماند. همانند مواد آلی الیاف این ماده خواهد سوخت، اما گسترش شعله و احتراق در غیاب حرارت ندارد. هنگامی که آنها را بیش از حد گرم کنیم ممکن است باعث انتشار گازهای سمی شوند.

در حالت مساوی استفاده از این مواد باید در کاهش سطح مواجهه ئر مقایسه با آزبست کریزوتایل و فیبرهای منتشر شده کمتر سمی و کمتر ابقای زیستی خواهد داشت. استفاده در فضاهای محدود است که در آن محیط اکسید کننده و منابع خارجی گرما وجود دارد، ممکن است نیاز به ملاحظه دقیق داشته باشد. کاهش پیش بینی شده در سطوح مطلق مواجهه در شکل صنعتی بدست آمده است. استفاده نادرست از مواد نصبی انتظار نمی رود که به مواجهات مهم منجر شود.

۴-۴ الیاف سلولزی

این الیاف عمدتاً در تقویت سیمان استفاده می شود. الیاف سلولزی از انواعی از منابع طبیعی تولید می شوند و گزارش می شود که عمدتاً غیر قابل تنفس اند؛ هر چند مطالعات تجربی و بررسی های صنعتی برخی از پتانسیل های تولید الیاف قابل تنفس را نشان داده اند (اینگولد- یوبرساکس و گروبر، ۱۹۹۲). وسعت فیبریلاسیون نیز اثبات نشده است، اما هنوز به عنوان یک امکان وجود دارد. تجارب صنعتی نشان از خطر کمی برای این ماده را دارند. غبار چوب که اصولاً مواد آن با الیاف سلولزی یکسان است می تواند باعث سرطان بینی گردد. هرچند برای الیاف سلولزی هنوز شواهدی در دست نیست. شواهد تجربی نشان داده است که الیاف سلولزی است نسبت به آزبست کریزوتایل ابقای زیستی بیشتری در ریه موش رت دارد اما ابقای آن در محیط کوتاه است. این مواد قابل احتراق اند اما درکاربردهای مورد نظر ما به احتمال زیاد قابل اشتعال نمی باشد. تحقیقات تجربی نشان می دهد که هیچ مسمومیت های خاصی از محصولات احتراق این ماده ایجاد نمی گردد، هر چند تعامل با سایر اجزاء محصول نهایی باید در نظر گرفته شود.

ساختار درشت فیبر و تجربه طولانی در استفاده از آن نشان می دهد که در حالت مساوی جایگزینی فیبر سلولز با آزبست می تواند به کاهش مواجهه شغلی با الیاف منجر شود. در عمل نیز این این موضوع در صنعت تایید می شود. استفاده نادرست می تواند باعث مواجهه بالاتر شود اما شواهد تجربی نشان می دهد که میزان آن از آزبست کمتر است. تحقیق در مورد ابقای زیستی در ریه و خطرات ناشی از آن می تواند یک اولویت باشد.

۴-۵ وولاستونیت

وولاستونیت شکلی از ماده معدنی طبیعی یا مصنوعی حاصل از کلسیم سیلیکات است. این ماده به شکل بلوری است و می تواند به صورت ذرات سوزنی پس از خرد کردن وجود داشته باشد. فرم های فیبری را می توان از سنگ معدنی جدا کرد. در مقایسه با حد قابل تنفس برای الیاف مواد معدنی (۳ میکرومتر قطر) این ذرات عمدتا درشت اند (قطر> ۳.۵ میکرومتر). درصورتی که مواد بلوری اند محتاطانه است که فرض کنیم که فیبریلاسیون امکان پذیر است. گزارش های جداگانه ای از فیبروز ریه در کارگران معدن و کارگرانی که وولاستونیت را حمل می کنند وجود دارد و برخی از شواهد تجربی پتانسیل فیبروژنیک یا سخت کنندگی ریه را نشان می دهند. تمام این اطلاعات با آلودگی مواد طبیعی توسط کریستالین سیلیکا سازگارند هر چند این مطلب در تمام موارد تایید نشده است. در دوز نسبتا کم هیچ گونه سرطان ریه در حیوانات آزمایشی مشاهده نشده است، و تومورهای پلور با همراهی دوزهای بالای تزریق داخل صفاقی الیاف ریزتر ایجاد می گردند(IARC، ۱۹۹۷b).

مطالعات روی حیوانات ابقای زیستی این ماده را نسبت به کریزوتایل بسیار پایین برآورد می کنند(Belman, Muhle، ۱۹۹۴)، و ابقای زیست محیطی آن انتظار می رود که کوتاه باشد، به خصوص در شرایط اسیدی. این ماده غیر قابل احتراق است.



تصویری از ماده معدنی وولاستونیت

استفاده از وولاستونیت به عنوان جایگزینی برای آزبست کریزوتایل اگر از لحاظ اندازه الیاف درشت تر باشد به طور بالقوه می تواند مواجهه با الیاف را کاهش دهد. با این حال انتظار می رود که فایده اصلی حاصل از این ماده در کاهش ابقای زیستی آن باشد که منجر به کاهش بار ریوی در مواجهات قابل مقایسه می شود. شاید به این دلیل وولاستونیت از کریزوتایل کمتر سمی است و هر چند استفاده نادرست از مواد نصب شده می تواند به مواجهات بالای گذرا شود، مواد ته نشین شده به سرعت از ریه پاک می شوند. عوامل مؤثر در مشخصه محصول، محدوده اندازه و آلودگی سیلیسی می باشد.

۴-۶ نتیجه گیری

بر اساس ویژگیهای ذاتی مواد مورد بحث، می توان قضاوت کرد که الیاف PVA، الیاف آرامید، الیاف سلولز و ولاستونیت کمتر از آزبست خطرناک اند. در مورد سایر جایگزین های معرفی شده نیز وضع به همین ترتیب است.

منابع مورد استفاده

١. Affairs, Vol 18 No 3, Royal Australian College of Physicians Web Site, July 1999
٢. and millers: development from ١٩٠٤ and mortality to ١٩٩٢. *Ann Occup Hyg,* , ١٣–٣٦
٣. Arnold, R.W. Jr et al., Short Reports; Selecting Alternatives to Asbestos, Materials Engineering, September 1988, pgs 59 – 64
٤. Asbestos Information Association, North America Asbestos Regulatory Developments in the United States, October 1995
٥. asbestos. *Occup Environ Med,* , ٦٤٦–٦٥٢
٦. *Ass J* , ٤٧٨–٤٨٦
٧. ASTM F104-95, Standard Classification System for Nonmetalic Gaskets Materials,ASTM, 1995
٨. ASTM F147-87, Standard Test Method for Flexibility of Non Metalic Gasket Materials, ASTM, 1987
٩. ASTM F148-95, Standard Test Method for Binder Durability of Cork Composition Gasket Materials, ASTM, 1995
١٠. ASTM F152-95, Standard Test Methods for Tension Testing of Nonmetalic Gasket Materials, ASTM, 1995
١١. ASTM F36-99, Standard Test for Compressibility and Recovery of Gasket Materials, ASTM, 1999
١٢. ASTM F37-00, Standard Test for Sealability of Gasket Materials, ASTM, 2000
١٣. ASTM F38-00, Standard Test Method for Creep Relaxation of a Gasket Material, ASTM, 2000
١٤. ASTM F433-98, Standard Practice for Evaluating Thermal Conductivity of Gasket Materials, ASTM, 1998
١٥. ASTM F607-96, Standard Test Method for Adhesion of Gaskets Materials to Metal Surfaces, ASTM, 1996
١٦. Bachot J., Microporous asbestos diaphrams/cathodes for electrolytic cells, US Pat. No. 5,092,977, 1992
١٧. Bachot J., Process for the preparation of asbestos-free microporous electroconductive substrate, US Pat. No. 5,626,905, 1997
١٨. Bauer G., Asbestos free material for use as sealing, damping and/or separating element, US Pat. No. 4,977,205, 1990
١٩. Beercheck R.C., New Materials for Packing and Gaskets, Machine Design, 11 March
٢٠. Beier W., Temperature resistant material, particularly as a substitute for asbestos in
. Bellmann B & Muhle H (١٩٩٤) Investigation of the biodurability of Wollastanite and xonolite *Environ Health*
٢٢. Britain. *Lancet,* , ٥٣٥–٥٣٩
. Brown SK (١٩٨٧) Asbestos exposure during renovation and demolition of asbestos-clad buildings. *Am Ind Hyg*
٢٤. Browne K (١٩٩٤) Asbestos related disorders. In Parkes WR ed, *Occupational lung disorders,* ٣rd ed, Oxford, Butterworth-Heinemann
٢٥. Carver MP, Monteiro-Riviere NA, Brown TT & Riviere E (١٩٨٥) Dose-response studies of Gentamycin
. changes in rats treated concurrently with chrysotile asbestos and N-nitrosoheptamethyleneimine (NHMI). *Ann*
٢٧. Cheng R.T., McDermott H.J., Exposure to Asbestos from Asbestos Gaskets, Applied Composites: New Applications and Developments, Mechanical Engineering
. Davies JMG (١٩٩٦) The toxicity of wool and cellulose fibres. *J Occup Health Safety, Australia New Zealand,*
٢٩. Department of Environment, Transport and The Regions, Consultation Papers, Asbestos (Prohibition) Regulations, Road Vehicle (Brake Lining Safety) Regulations
٣٠. Department of the Environment, Waste Management Paper No 18, Asbestos Wastes, Her Majesty's Stationary Office, London, UK, 1979
٣١. devices for handling objects of hot glass, US Pat. No. 5,630,858, 1997
Discussion Paper, Regulatory Impact Statement and Proposed Regulations, October 1999
٣٢. Dorstewitz I.G., et al., World Asbestos, Minerals Bureau, Department of Mines, South Africa, 1977
٣٣. ECE Regulations Reg 90 Replacement Brake Lining Assemblies
٣٤. EEC directive EEC 71/320 Braking
. Egilman D & Reinert A (١٩٩٦) Lung cancer and asbestos exposure: asbestosis is not necessary. *Am J Ind Med,*
٣٦. Engineering Sciences Division of the Institute of Mechanical Engineers, Fibre Resin
٣٧. European Commission, Detailed Explanatory Note and Proposed Directive to Ban the Use of Chrysotile Asbestos
٣٨. European Union, Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment, Opinion on Chrysotile asbestos and candidate substitutes, Web Site, 1998
٣٩. Exposure–response analysis of risk of respiratory disease associated with occupational exposure to chrysotile
٤٠. Harrison P.T.C., et al., Comparative hazards of chrysotile asbestos and its substitutes: a European perspective, Environmental Health Perspectives, 107(8): 607-611, 1999 Aug
٤١. Harrison PTC, Hoskins JA, Brown RC, Hext PM & Pigott GH (١٩٩٧) Pulmonary hyperplastic and neoplastic
٤٢. Health and Safety Commission, UK (١٩٧٩) *Report of the Advisory Committee on Asbestos*, London, HMSO
٤٣. Heath Safety Executive, UK (HSE), Substitutes for Chrysotile (White) Asbestos, HSE Web site, 1998
٤٤. Hodgson A.A.(ed.) Alternatives to Asbestos- the Pros and Cons. John Wiley and Sons, 1989
Hodgson AA, ed (١٩٨٩) *Alternatives to Asbestos - the Pros and Cons* (Critical Reports on Applied Chemistry,
٤٦. Hycomp Inc., Product literature, 1999
٤٧. IARC (١٩٧٩) *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans,* Vol ١٩,
٤٨. IARC (١٩٩٧a) *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans,* Vol ٦٩,

٤٩. IARC (١٩٩٧b) *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans*, Vol ٦٩,
٥٠. IEH (١٩٩٧) *Fibrous Materials in the Environment,* Leicester, UK, Institute for Environment and Health
٥١. IEH Web Report W٤, posted December ٢٠٠٠ at http://www.le.ac.uk/ieh/webpub/webpub.html
٥٢. Industrial Minerals, Asbestos substitutes – Matching performance, 1992
٥٣. interaction. *Int J Cancer,* , ٣٢٣–٣٣١
٥٤. Kaufmann J.C., Better Gaskets without Asbestos, Machine Design, 10 July 1986, pgs 67-70
٥٥. Keim E., Asbestos-free filtering layer, US Pat. No. 4,149,975, 1979.
٥٦. Kluger M.A., A Comparison of Braking Performance of Asbestos, Non-Asbestos, and
٥٧. Leigh J., Occupational Health and Medicine- The End Game for Asbestos, Fellowship
. Levy LS (١٩٩٥) The 'Particle Overload' Phenomenon and Human Risk Assessment, *Indoor Environ,*
٥٩. Liddell FDK, McDonald AD & McDonald JC (١٩٩٧) The ١٨٩١–١٩٢٠ birth cohort of Quebec chrysotile miners
٦٠. Lippmann M (١٩٩٤) Deposition and retention of inhaled fibers: effects on incidence of lung cancer and
٦١. McDonald AD, Case BW, Churg A, Dufresne A, Gibbs GW, Sebastien P & McDonald JC (١٩٩٧)
٦٢. Mechanical Engineering, Feasibility Analysis of Asbestos Replacement in Automobile and Truck Brake Systems, 1990
٦٣. Meldrum M (١٩٩٦) *Review of Fibre Toxicology,* London, Health & Safety Executive
Mesothelioma in Quebec chrysotile miners and millers: epidemiology and aetiology. *Ann Occup Hyg,* ,
٦٥. mesothelioma. *Occup Environ Med,* , ٧٩٣–٧٩٨
Muhle H & Bellmann B (١٩٩٧) Investigation of the durability of cellulose fibres in rat lungs. *Ann Occup Hyg,*
٦٧. National Heath and Medical Research Council, Commonwealth of Australia,
٦٨. nephrotoxicity in rats with experimental renal dysfunction. *Toxicol Appl Pharmacol,* , ٢٦٤–٢٧٣
٦٩. *Occup Hyg,* *(suppl*), ٢٩٣–٢٩٧
٧٠. Occupational and Environmental Hygiene, 1991
٧١. on Cancer, pp ٢٨٣–٣٠٥
٧٢. on Cancer, pp ٤٠٩–٤٣٩
٧٣. *Perspectives,* , *suppl* , ١٩١–١٩٥
٧٤. Peto J, Hodgson JT, Matthews FE, & Jones JR (١٩٩٥) Continuing increase in mesothelioma mortality in
٧٥. Publications Ltd, London, 1983
٧٦. Reg 13 Vehicle Braking
٧٧. Research on Cancer, pp ٣٥١–٣٥٦
٧٨. Sanders CL, Lauhala KE & McDonald KE (١٩٩٣) Lifespan studies in rats exposed to $^{٢٣٩}PuO_{٢}$ aerosol. III.
٧٩. Saracci R (١٩٧٧) Asbestos and lung cancer: an analysis of the epidemiological evidence on the asbestossmoking
. Searl A (١٩٩٤) A review of the durability of inhaled fibres and options for the design of safer fibres. *Ann Occup*
٨١. Semi-metalic Friction Material, .SAE Technical Paper Series, No. 902272, 1990
٨٢. *Silica, Some Silicates, Coal Dust and Para-aramid Fibrils*, Lyon, France, International Agency for Research



جمهوری اسلامی ایران

وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

www.behdasht.gov.ir