

تشریح کارایی عایق های مدرن (window film) در بهینه سازی مصرف سوخت و انرژی

علی ترقی جاه – محمد علی مانیان
شرکت پادسان ساز – واحد تحقیقات

www.LlumarIran.com

کاربرد شیشه در ساختمان ها به منظور بهره گیری از مناظر و استفاده از نور خورشید و همچنین نماسازی صورت می گیرد . اما این مزایا همواره با یک ایراد بسیار مهم روبروی هستند ؛ شیشه ها منشأ عمده اتلاف انرژی گرمایش و سرمایش در ساختمان می باشند . اما امروزه توسعه فن آوری تولید پوشش های چند لایه توانسته مشکلات کاربرد شیشه را به میزان قابل توجهی رفع نموده و اثرات شگرفی در بهینه سازی مصرف انرژی داشته باشد .

لایه های مختلف با مکانیسم مخصوص ، خواص زیر را به شیشه می دهند :

- کاهش درصد اتلاف حرارت تا ۳۱٪ به واسطه خاصیت low-e
- کاهش درصد ورود حرارت خورشید تا ۷۷٪ به واسطه لایه Metallized , Sputtered
- جلوگیری از ورود اشعه فرابنفش تا ۹۹٪ به واسطه لایه حاوی گونه های شیمیایی UV Absorbers
- افزایش ضربه پذیری شیشه و جلوگیری از پخش قطعات شکسته به واسطه لایه پلیمری تقویت شده و مکانیسم های ویژه چسبیدن .

و

اجرای فن آوری فوق بر تمامی شیشه های رایج در کشور ممکن می باشد . برای نصب آنها نیازی به خروج شیشه قاب نبوده و با ایجاد کمترین تغییرات در محیط کار همراه است .

د رمورد پوشش ها معمولاً ۱۹ مشخصه اندازه گیری می شود که تمام خواص حرارتی و نوری را شامل می گردند . یکی از شاخص ترین مشخصه های این پوشش ها ضریب انتقال حرارت آنها می باشد که در انواع کم گسیل “low-e” می تواند تا ۳۱٪ از اتلاف حرارت در زمستان جلوگیری نماید .

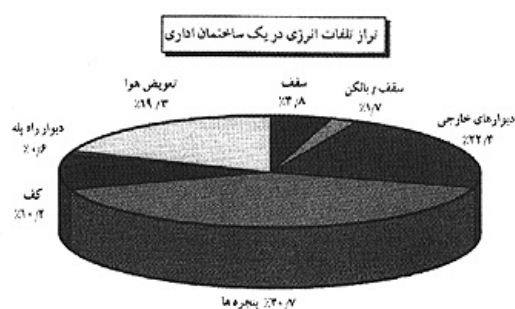
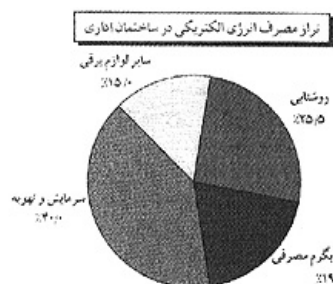
این فن آوری به طور کلی بیش از صد نوع پوشش را شامل می شود که علت پیشرفت سریع فن و تازگی تکنولوژی همچنین تنوع و حجم اطلاعات مربوطه، اغلب مهندسان و طراحان از کارایی و میزان دقیق صرفه جویی انرژی و هزینه حاصل از این محصولات آگاه نیستند. این مقاله به عنوان نتایج قسمتی از یک پروژه تحقیقاتی در صدد معرفی دقیق چنین محصولاتی می باشد. به طور قطع به کارگیری این فن آوری در سطح ملی همگام با کشورهای پیشرفته سهم عمده ای در بهینه سازی مصرف انرژی خواهد داشت.

در این مقاله علاوه بر معرفی، مکانیسم عملکرد این محصولات نیز مورد توجه قرار گرفته و شرح مختصری از استانداردهای ASTM و AIMCAL و یک نمونه مطالعه موردی (Case Study) ارائه گردیده است. همچنین نرم افزار مناسب به کار گرفته شده در پیش بینی تاثیر این فن آوری بر صرفه جویی انرژی و بازگشت سرمایه نیز معرفی شده است.

بحران انرژی از مهمترین مسائلی است که بشر در قرن ۲۱ با آن مواجه است. در حالی که تقاضا برای انرژی رو به افزایش است منابع سوخت در حال اتمام می باشند برای فرار از این بحران کارآمدترین استراتژی بهینه کردن مصرف انرژی و در کنار آن جایگزین کردن انرژی نوین به جای سوختهای فسیلی می باشد. یکی از راهکارهایی که به منظور صرفه جویی در انرژی مورد استفاده قرار می گیرد. کاهش هدر روی انرژی در ساختمانهای مسکونی و اداری است که از کارآمدترین تکنولوژی های موجود در این زمینه عایق های شیشه (window film) می باشد.

البته تحقیقات علمی و صنعتی در جهت حل معضلات متعدد شیشه، با کاربرد پوششها حدوداً از سال ۱۹۶۰ شروع شده است [۷]. قبل از این تاریخ، پوششهای شیشه برای دادن جلوه رنگی به شیشه ها استفاده می شد. اما از آن زمان تاکنون صنعت ساخت این پوششها با تحولات تکنولوژیکی بسیاری روبرو شده و اکنون به هیچ وجه پوششهای شیشه به عنوان یک کالای لوکس مطرح نیستند. با تغییرات ساختاری و پیشرفتهایی که در این زمینه صورت گرفته، صنایع تولید کننده این محصولات امروزه در زمره حساس ترین و دقیق ترین صنایع قرار گرفته و پوششهای مدرن به عنوان محصولی استراتژیک در زمینه بهینه سازی هزینه و مصرف انرژی مطرح می باشند. طبق تحقیقات شورای اقتصاد صرفه جویی انرژی آمریکا (ACEEE)، حتی در خانه های جدید حدود ۲۰٪ از اتلاف حرارت در زمستان و ۷۵٪ از ورود گرما در تابستان از طریق پنجره ها صورت می گیرد [۱].

همچنین در ایران نیز تحقیقات، در زمینه ممیزی انرژی ساختمان توسط سابا (سازمان بهره وری انرژی ایران) انجام شده و به عنوان مثال در یک مطالعه موردی در ساختمان اداری، وضعیت اتلاف انرژی پنجره ها در نمودار ۱ مشخص شده. همچنین نمودار ۲ نمایانگر سهم عمده انرژی سرمایش می باشد که منشأ اصلی اتلاف آن، پنجره ها هستند [۲].



نمودار ۱ - تراز تلفات انرژی در ساختمان اداری نمودار ۲ - تراز مصرف انرژی الکتریکی در ساختمان اداری

وقتی سخت از پنجره به میان می آید، منظور تمام قسمتهای آن اعم از چارچوب، درزبندی، شیشه و... می باشد و بدیهی است گسترده ترین و متأسفانه نامناسب ترین قسمت پنجره از لحاظ اتلاف انرژی، همان شیشه است. برای کنترل اتلاف در چهارچوب می توان از عایق های رسانش استفاده نمود. اما در مورد شیشه کار پیچیده تر است و به هیچ وجه نباید شفافیت شیشه با افت شدید مواجه شود. قبل از پیشرفت های اخیر، مکانیسمی که برای جلوگیری از انتقال حرارت در شیشه مورد توجه قرار می گرفته ، تنها بر پایه رسانش و دو جداره کردن شیشه ها استوار بوده، که البته دو جداره کردن شیشه ها نمی تواند انتقال حرارت تابشی را به میزان مطلوب کاهش دهد. که امروزه این نارسایی توسط عایق های شیشه برطرف شده است.

عایقهای مزبور با نصب بر روی شیشه های ساختمانها موجب کاهش ورود انرژی حرارتی در تابستان به درون ساختمان شده و به این ترتیب موجب کاهش مدت زمان استفاده یا ظرفیت به کار گرفته شده از سیستمهای سرمایشی ساختمان می گردد و به تبع آن در انرژی الکتریکی صرفه جویی می نماید. همچنین انواع کم گسیل "low-e" این عایقها در زمستان مانع خروج انرژی حرارتی ساختمانها شده و موجب صرفه جویی در انرژیهای گرمایشی می شوند و چون انرژی الکتریکی و یا انرژیهای گرمایشی ساختمانها در ایران عمدتاً از انرژی سوختهای فسیلی حاصل می گردند، این عایقها می توانند سهم بسزایی در کاهش مصرف سوخت ایفا نمایند.

در حقیقت پوششها در زمینه های مختلفی کارایی و اهمیت دارند که ما در این مقاله درصدد تشریح مزیت جلوگیری از اتلاف انرژی می باشیم و به سایر مزایا در قسمت "مزایای دیگر" فقط اشاره می نمایم.

-

انتقال حرارت به واسطه سه مکانیسم رسانش (conduction)، همرفت (convection) و تابش (radiation) صورت می پذیرد. در مورد چارچوب پنجره فقط انتقال حرارت رسانشی

اهمیت دارد، اما در مورد شیشه انتقال حرارت تابشی مهمتر بوده و کنترل تابش بخصوص در مورد تابش خورشید از اهمیت بسزایی برخوردار است.

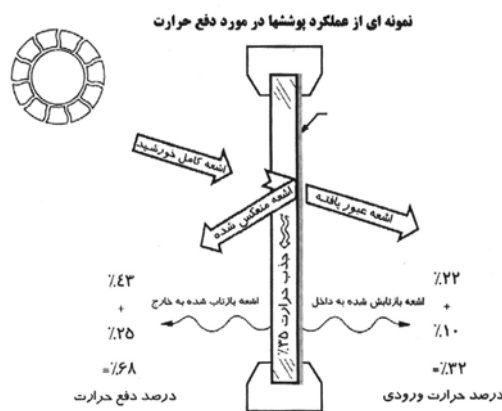
تابش خورشید یک قسمت از کل طیف الکترومغناطیس است. اشعه خورشید از سه بخش تشکیل شده: مادون قرمز نزدیک (اشعه حرارت زا) ۵۳٪، نور مرئی ۴۴٪، اشعه فرا بنفش ۳٪. [۷] وقتی حرارت خورشید به شیشه می رسد به سه بخش تقسیم می شود؛ یک قسمت مستقیماً از شیشه عبور می کند، یک قسمت مستقیماً منعکس می شود و یک قسمت در داخل شیشه جذب می شود. بخش جذب شده در دو قسمت به صورت بازتابش به داخل و بازتابش به خارج دوباره از شیشه ساطع می شود. همان طور که در شکل شماره ۱ نمایش داده شده، جمع حرارت منعکس شده و حرارتی که به صورت بازتابش به خارج انتقال یافته "درصد دفع حرارت" (Total Solar Energy Rejected, TSER) و جمع قسمتی که مستقیماً وارد محیط داخلی شده و قسمتی که به صورت بازتابش به داخل راه یافته "درصد ورود حرارت" (Solar heat gain Coefficient, SHGC) را تشکیل می دهد. SHGC معیار اصلی ارزیابی جلوگیری از ورود حرارت تابشی می باشد.

برای ارزیابی وضعیت پنجره ها، تنظیم بر چسب های بهره وری انرژی در کشورهای پیشرفته رایج می باشد. به عنوان مثال در آمریکا (National Fenestration Rating Council) NFRC [۸]. برای ارزیابی عامل رسانش از U-Value و برای ارزیابی عامل تابش از "درصد ورود حرارت خورشید" (SHGC) استفاده می نماید. هر چه U-Value در یک پنجره کمتر باشد، اتلاف حرارت کمتر است و هر چه SHGC کمتر باشد، ورود حرارت خورشید کاهش می یابد. در پوششهای مدرن نیز همین دو فاکتور اندازه گیری می شوند که ذیلاً مکانیسم کنترل آنها شرح داده می شود.

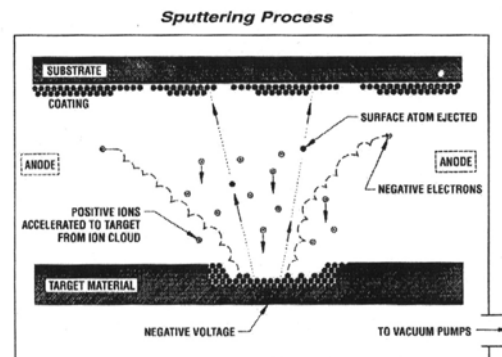
- -

همانطور که اشاره شد، بخش عمده (۵۳٪) نور خورشید را حرارت نامرئی مادون قرمز نزدیک تشکیل می دهد. از مدتها قبل ثابت شده بود که فلزات سنگین (مانند: نقره، وانادیم، آلیاژ نیکل و کروم، طلا و ...) می توانند اشعه حرارت زای خورشید را منعکس و دفع نمایند، اما موانع تکنولوژیکی متعددی بر سر راه فلز پوش کردن پوششهای پلیمری موجود بود. اگر فلزات سنگین در شرایط عادی به حالت بخار درآیند، به محض تماس با بستر پلیمری به علت دمای بالا سریعاً آن را ذوب و تخریب می نمایند. تحقیقات وسیعی انجام شد و در نتیجه اکنون به وسیله دو روش Metallizing و Sputtering فلز پوش کردن کنترل شده پوششهای پلیمری صورت می گیرد. در روش Metallizing تبخیر برخی فلزات تحت خلاء به کار گرفته می شود و در Sputtering (شکل شماره ۲) از حالت پلاسما تحت خلاء استفاده می شود. در این روش به علت قابلیت کنترل بسیار بالا می توان چند لایه بسیار نازک از فلزات مختلف را روی یک بستر پلیمری نشانند بدون اینکه شفافیت با افت شدیدی مواجه شود. از این تکنولوژی ها در پوشش های مدرن شیشه استفاده

می شود و در شکل شماره ۱ عملکرد پوشش در مقابل حرارت خورشید و در نتیجه کاهش SHGC نشان داده شده است.



شکل شماره ۱ - نمونه ای از عملکرد پوششها در مورد دفع حرارت



شکل شماره ۲ - روش sputtering

پوششهای کم گسیل (low-Emissivity) علاوه بر جلوگیری از ورود حرارت، اتلاف حرارت را نیز کنترل می کنند. کنترل اتلاف در پوششهای کم گسیل از طریق کاهش U-Value صورت می گیرد اما این کاهش به وسیله افزودن ضخامت به دست نمی آید، بلکه روش پیچیده تری به کار گرفته می شود.

تمام اجسام گرم، دارای تشعشع (Emissivity) می باشند، در حقیقت انرژی حرارتی خود را از طریق تشعشع از دست می دهند. وقتی انرژی حرارتی کاهش یابد، جسم تمایل دارد این افت را از طریق جذب حرارت محیط جبران کند.

در فصل زمستان حرارتی که شیشه از طریق تشعشع هدر می دهد، از محیط داخل که گرمتر است به وسیله رسانش جبران می شود و در نتیجه اتلاف حرارت افزایش می یابد. در مورد پوششهای کم گسیل این عامل به شدت کنترل شده و در جدول تشعشع در پایین ترین درجات قرار گرفته است (جدول شماره ۱). این تشعشع پایین نتیجه به کارگیری موادی چون نقره و اکسید قلع می باشد [۱]. به علت تشعشع کم، این پوششها تمایل کمتری به دریافت حرارت از محیط دارند و نهایتاً دبی عبور حرارت را پایین آورده و ضریب انتقال حرارت رسانش U-Value را کم می کند و به واسطه همین مکانیسم باعث حدود ۳۰٪ کاهش اتلاف حرارت می گردند که این ویژگی قابل رقابت با شیشه های دو جداره عادی می باشد. همچنین پوششهای کم گسیل، اشعه مادون قرمز دور که توسط وسایل گرم کننده و اجسام گرم داخل ساختمان تولید می شود را به داخل منعکس می نمایند و حرارت را حبس می کنند (heat trap).

نسبت تشعشع (Emissivity) مواد

۰/۹۶	لاک سیاه
۰/۹۱	چوب
۰/۸۴	شیشه
۰/۶۵-۰/۸۹	پوشش رفلکس استاندارد
۰/۲۹-۰/۴۵	پوشش کم گسیل low-e
۰/۵۰	آلومینیم صیقلی

در اینجا به شرح مختصر تعداد دیگری از مشخصات می پردازیم:

- درصد کاهش ورود حرارت خورشید: این مشخصه نسبتی است برای مقایسه حرارت عبور یافته از شیشه عادی و شیشه ای که فرآیند نصب پوششها بر آن انجام شده باشد.
- **Shading Coefficient**: این مشخصه معیاری نسبی برای ارزیابی عبور حرارت خورشید از شیشه ها است. برای به دست آوردن این فاکتور نسبت حرارت عبور یافته از سیستم مورد نظر را به حرارت عبور یافته از شیشه شفاف ۴ میل نشان می دهد.
- عبور، انعکاس و جذب تابش خورشید: در این سه فاکتور کل تابش خورشید اعم از مرئی، فرابنفش و مادون قرمز مورد بررسی قرار می گیرد.
- انعکاس نور مرئی از سمت داخل پوششها.
- درصد کاهش شدت نور مرئی.
- ثابت انتقال حرارت تابستانی.

درصد انعکاس نور مرئی	درصد عبور نور مرئی	ثابت انتقال حرارت زمستانی U (w/m2k)	تشعشع	درصد دفع فرابنفش	درصد کاهش ورود حرارت خورشید	درصد ورود حرارت خورشید (SHGC)	درصد دفع حرارت خورشید	
۸	۸۸	۵/۹۱	۰/۸۴	۳۸	—	۸۱	۱۹	شیشه ش
۵۹	۱۴	۵/۴۵	۰/۷۱	۹۹	۷۳	۲۱	۷۹	nar روی ش
۲۴	۳۶	۵/۴۵	۰/۷۱	۹۹	۵۴	۳۷	۶۳	nar 35B شیشه
۳۵	۳۲	۴/۱۴	۰/۳۳	۹۹	۶۳	۳۱	۶۹	E 35

شیش								
دو جدار	۳۰	۷۰	۱۳	۵۴	۰/۸۴	۲/۷۸	۷۸	۱۴

اکثر فاکتورها تحت استانداردهای (Associati of industrial Metallizers Coaters and laminators) AIMCA اندازه گیری می شود که به عنوان مثال شرایط اندازه گیری ضریب انتقال حرارت متوسط زمستان (Winter Media U-Value) بدین شرح می باشد: دمای محیط خارج ۷ درجه سانتی گراد، دمای محیط داخل ۲۰ درجه سانتیگراد، شیشه در معرض آفتاب نمی باشد و سرعت باد در خارج ۲۴ کیلومتر بر ساعت می باشد [۴].

مشخصات مربوط به کل تابش خورشید تحت استاندارد ASTM E 903 اندازه گیری شده اند [۳]. مقاومت سایشی پوششها تحت استاندارد ASTM E 1044/1003 و استحکام چسبندگی آنها تحت استاندارد ASTM D 3330 اندازه گیری شده است. تمام خواص فیزیکی دیگر نیز تحت استانداردهای ASTM می باشند. البته در موارد خاصی، از استانداردهای دیگری مانند DIN , BS , UL نیز استفاده شده است. به طور مثال مقاومت ضربه ای تحت استاندارد ANSI z.97 تعیین می گردد.

-

یکی از دقیق ترین و قابل اطمینان ترین نرم افزارهای شبیه سازی انرژی ، نرم افزار (DOE-2) می باشد. (DOE-2) نرم افزار مورد توصیه سازمان انرژی آمریکا (Department of Energy) جهت انجام تحلیل های انرژی می باشد. این نرم افزار از طریق آنالیز کل ساختمان قادر است مصرف انرژی ساختمان و هزینه های حاصل از آن را محاسبه نماید. (DOE-2) حاصل کار گروه تحقیقات شبیه سازی دانشگاه برکلی می باشد و از طرف لابراتوارها و مراکز دانشگاهی و صنعتی جهت تحقیقات بر روی کالاهای و استراتژی های صرفه جویی مورد استفاده قرار گرفته است . همچنین این نرم افزار یکی از نرم افزارهایی است که به طور گسترده از طرف محافل علمی آمریکا و جهان مورد تشویق قرار گرفته است. (DOE-2) از طریق دریافت پارامترهایی از قبیل محل قرار گیری ساختمان، آب و هوا، نوع شیشه هزینه های انرژی ، متراژ ، تعداد طبقات، نوع سیستم گرمایش و سرمایش و ... مدلی از ساختمان را ساخته و آن را تحت یک شبیه سازی طولانی مدت قرار می دهد. سپس نتایج می تواند به صورت مقایسه بین یک ساختمان اصلی و ساختمان بهینه شده بیان گردد.

همواره در محافل علمی و صنعتی در مورد کارایی مصالح و موادی که جهت صرفه جویی انرژی پیشنهاد می شوند، تحقیقاتی انجام می گیرد و در این تحقیقات معمولاً از دو روش استفاده می گردد. روش اول عبارت است از مطالعه موردی و اندازه گیری میزان مصرف در ساختمانهایی که از مصالح مورد نظر در آنها استفاده شده باشد. روش دوم، استفاده از نرم افزارهای معتبر شبیه سازی است که به وسیله آنها ساختمان و فاکتورهای انرژی را مدل می نمایند و پس از آنالیز دقیق نتایجی را به عنوان مقدار انرژی مصرفی، کاهش هزینه ها و ... اعلام می دارند.

۴-۱- مطالعه موردی (Case Study)

این مطالعه در مورد ساختمان اداره Edison Plaza که در Houston واقع می باشد، انجام گرفته است. به دلیل ورود گرمای شدید خورشید از پنجره ها، حتی با وجود اینکه چیلرها در تمام مدت روز با حداکثر ظرفیت کار می کردند ولی دمای مطلوب برای کار کردن حاصل نمی شد. در نتیجه مدیر شرکت پس از تحقیقات گسترده تصمیم گرفت تا با استفاده از پوشش LLumar LE1220 مساحتی معادل ۸۰/۰۰۰ فوت مربع را از ورود گرمای خورشید محافظت نماید. با استفاده از این پوشش علاوه بر اینکه تا ۷۰٪ از ورود گرما جلوگیری شد، قدرت چیلرها نیز از ۱۰۰٪ به ۸۰٪ کاهش پیدا کرد. ضمناً با کاهش هزینه ها که از طریق استفاده از پوشش انجام گرفت، مبلغ ۲۴۰/۰۰۰ دلار هزینه شده در مدت کمتر از ۳ سال بازگشت پیدا کرد [۴].

در اینجا به تحقیق که از طرف شرکت CPfilms و با استفاده از نرم افزار (DOE-2) انجام گرفته، اشاره می کنیم. نتایج این تحقیق از ظرف مؤسسه مستقل ITEM SYSTEM که یک شرکت معتبر مشاوره در زمینه تحلیل های انرژی است، مورد تأیید قرار گرفته است [۶]. در این تحقیق ساختمان اداری ۱۰ طبقه ای که پس از سال ۱۹۹۲ ساخته شده و مساحت کل زیربنای آن $16/257 \text{ m}^2$ است به عنوان ساختمان نمونه مورد مطالعه قرار گرفته است. در این تحقیق چند سری مختلف از پوششها با کارایی های متفاوت بر روی انواع مختلف پنجره (یک جداره، یک جداره رنگی، دوجداره و دوجداره رنگی) مورد مطالعه قرار گرفته است، اما ما در این مقاله به قسمتی از نتایج آن اشاره می کنیم.

ساختمان مورد مطالعه در هر جهت دارای 557 m^2 شیشه می باشد و پوششها بر روی جهات شرقی و غربی و جنوبی نصب گردیده اند. در ضمن در این مطالعه، با این هدف که یک مطالعه واقعی و محتاطانه انجام داده باشیم و خوشبینانه ترین حالت را در نظر نگرفته باشیم، از روشهای دیگر جلوگیری از اتلاف انرژی نیز استفاده شده (پرده، سیستم سرمایش مدرن، بویلر و

HVAC با بازده بالا و ...). در نتیجه در صورتی که در واقعیت از این پوششها استفاده گردد، میزان صرفه جویی انرژی بیشتر از این مقداری خواهد بود. شبیه سازی ساختمان هزینه های انرژی (kwhr) و قیمت نصب پوششها هم لحاظ می گردد. سپس با توجه به این اطلاعات، نرم افزار گزارش هایی را تولید خواهد کرد که به قسمتی از آنها اشاره خواهیم کرد.

در اینجا دو نوع پوشش را مورد بررسی قرار می دهیم :

نوع ۱- پوششهای شیشه LLumar R20, NIO 20B, Vista v14

نوع ۲- پوششهای شیشه کم گسیل (Low-e) LLumar E1220, Vista v28

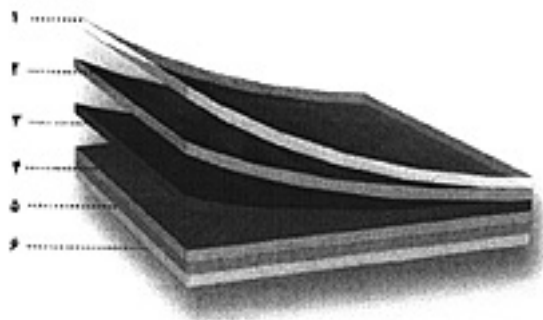
هزینه نصب برای پوششهای نوع ۱ $27 \$/m^2$ و برای پوششهای نوع ۲ $31 \$/m^2$ در نظر گرفته شده است.

نام شهر	قیمت kwhr	برگشت سرمایه (سال)		کاهش مصرف kwhr سالانه		کاهش در مصرف اوج تابستانی (kw)	
		(۱)	(۲)	(۱)	(۲)	(۱)	(۲)
Dallas	$0.0907 \$$	0.87	0.85	12.1%	13.5%	11.2%	12.9%
Phonenix	$0.0595 \$$	1.10	1.07	13.6%	15.3%	11.3%	13.6%
Toronto (Canada)	$0.0553 \$$	1.73	1.43	9.2%	10.5%	11.4%	13%
Washington	$0.0706 \$$	1.28	1.16	10.3%	11.7%	10.4%	12.3%
میانگین	$0.0690 \$$	1.25	1.13	11.3%	12.7%	11.1%	13%

با توجه به جدول بالا، میانگین بازگشت سرمایه ۱/۲ سال خواهد بود. در ضمن این مقایسه نشان می دهد که پوششهای شیشه مخصوص به آب و هوای خاصی نیستند و در تمامی مناطق توجیه اقتصادی خود را خواهند داشت. به عنوان مثال در شهری مثل تورنتو که در بین شهرهای مورد بررسی سردترین آب و هوا را دارا می باشد، بازگشت سرمایه ای معادل ۱/۷۳ سال را برای پوشش ها نشان می دهد و هنگامی که از پوشش های کم گسیل استفاده شود با وجود اینکه هزینه نصب ۱/۱۵ برابر می شود، بازگشت سرمایه به ۱/۴۳ سال تقلیل می یابد. کاهش زمان بازگشت سرمایه، نشانگر این موضوع است که استفاده از پوششهای کم گسیل در مناطق دارای آب و هوای سردسیر می تواند اقتصادی تر باشد، زیرا هزینه های سنگین گرمایش در زمستان تا حد مطلوبی کاهش می یابد.

(PET)

لایه ها تغییر کند. جزئیات لایه ها به شرح زیر است :



۱- آستر: پلی استر، هنگام فرآیند جدا می شود. دارای پوشش سیلیکون می باشد. سیلیکون به علت خاصیت نجسب بودن به آستر کمک می کند که قبل از شروع فرآیند نصب، جداسازی به راحتی صورت گیرد.

۲- لایه چسب : چسب های حاوی جاذب اشعه فرابنفش (UV Absorbers)، این چسبها در انواع مختلفی موجود است و با مکانیزم های متنوع (پیوند شیمیایی، مکانیکی و نفوذ) به شیشه می چسبند.

۳- لایه رنگی : پلی استر، همیشه حاوی جاذب اشعه فرابنفش (UV Absorbers) می باشد. این لایه به کمک لایه چسب تا ۹۹٪ از ورود اشعه فرابنفش جلوگیری می کند.

۴- لایه فلز پوشش: این لایه پلیمری با روشهای مختلف (Metallizing/Sputtering) فلزپوش می گردد. فلزات سنگین (مانند: وانادیم، طلا یا آلیاژ نیکل و کروم) به کار رفته در لایه این قابلیت را دارند که با حفظ شفافیت، اشعه حرارت زای خورشید (مادون قرمز) را دفع کنند.

۵- لایه شفاف: این لایه از جنس پلیمر پلی استر تقویت شده می باشد و خواص فیزیکی مکانیکی محصول مانند استحکام کششی را بهبود می بخشد.

۶- پوشش ضدخش (S/R) : لایحه سطحی محصول و از جنس اکریلیک است. در مقابل مواد و لوازم پاک کننده رایج، ضد خش می باشد.

-

نصب پوششها یک فرآیند کاملاً تخصصی است. برای این کار از ابزار و محلول های ویژه ای استفاده می شود. مراحل اصلی کار شامل ۱- تمیزکاری ۲- نصب ۳- پیرایش می باشد. در هر مرحله از لوازم و تیجه های مخصوص استفاده می شود. مرحله اول از محلولی قوی برای تمیز کاری شیشه و در مرحله دوم از یک محلول ویژه برای فعال کردن چسب پوشش استفاده می شود. نصب بر شیشه های موجود امکان پذیر است و هیچ احتیاجی به تعویض یا خروج شیشه ها از قاب نمی باشد. این فرآیند با ایجاد کمترین اختلال در محیط کار همراه است و در نتیجه تمام سازمانها بدون توقف در سیر کارها و کارخانه ها و بدون احتیاج به متوقف نمودن خط تولید می توانند از مزایای این فن آوری بهره مند شوند.

گروههای متخصص نصب تحت آموزش های تئوری و تمرینی ویژه ای قرار می گیرند. بر اساس آزمونهای تعیین سطح و با توجه به واحدهای تئوری گذرانده و سابقه و زمینه کار با درجه های بخصوص به فعالیت می پردازند.

رعایت این مقررات که در کشورهای بهره مند از این فن آوری رایج است، باعث می شود فرآیند نصب توسط کادر متخصص به آسانی و با دقت و نظم کافی انجام شود و در پایان متناسب با حساسیت فرآیند، تولید فرآیند نصب نیز از کیفیت لازم برخوردار باشد.

-

پوششها به علت به کار بردن مواد شیمیایی ویژه (UV Absorbers) با خاصیت جذب اشعه فرابنفش (UV) از ورود اشعه به میزان ۹۹٪ جلوگیری می کنند. اشعه فرابنفش باعث رنگ رفتگی لوازم شده و به دلیل دارا بودن بالاترین انرژی در طیف نور خورشید، لوازم را با تخریب تدریجی مواجه می نماید. اما خطر اصلی متوجه ساکنین ساختمان است، این بخش از نور خورشید عامل ایجاد حساسیت ها، امراض و سرطان پوست می باشد. پوشش ها به طور خاص از ورود این بخش تا ۹۹٪ جلوگیری می نمایند. یعنی ورود اشعه فرابنفش به ۱٪ کاهش یافته و مضرات نور خورشید یک صدم خواهد شد، در نتیجه عدد SPF این محصول ۱۰۰ می باشد که این عدد در کرم های ضد آفتاب بدون عوارض در حدود ۱۵ الی ۴۵ می باشد. با پیشرفتهایی که در این زمینه صورت گرفته، اکنون انواع پیشرفته ای از پوششها موفق به دریافت تأییدیه بنیاد بین المللی سرطان پوست گردیده اند.

مزیت دیگر مربوط به خاصیت ایمنی پوششها می باشد. تمام پوششها دارای خاصیت ایمنی می باشند. به علت آنکه چسبیدن پوششها با استحکام بالا و با مکانیسم های مختلف نفوذ، پیوند مکانیکی و شیمیایی انجام می شود و خود پوششها نیز از استحکام کششی بالایی برخوردارند، در

نتیجه در صورت شکسته شدن، شیشه ثابت نگه داشته می شود و از پراکنده شدن آنها و خطرات جراحات جلوگیری به عمل می آید. این پوششها برای جلوگیری از خطرات شکستگی شیشه ها و جراحات ناشی از آن در حوادثی مانند زلزله توصیه می شود. چون در مواردی از زلزله کل ساختمان و مصالح سازه ای با صدمه جدی مواجه نخواهند شد، اما مصالح غیر سازه ای مانند شیشه بر اثر لرزش های شدید و فشار چارچوب می شکنند و قطعات شکسته در خارج و داخل ساختمان باعث خطرات متعددی می شوند. با به کارگیری پوششهای توصیه شده، ساکنین و افراد خارج از ساختمان از این خطر مصون خواهند بود. با استفاده از نوع امنیتی پوششها می توان ضریب امنیت در برابر سرقت، خشونت ها و ... را به میزان قابل توجهی افزایش داد. در مورد انواع ایمنی/امنیتی خواص فیزیکی مکانیکی نیز بطور خاص اندازه گیری می شوند.

نهایتاً افزایش جلوه و زیبایی ساختمان با به کارگیری پوششهایی با رنگ مناسب از نظر معماری نما ارزشمند می باشد. در ضمن، رنگ ها به علت بکارگیری مواد بازدارنده فرابنفش از دوامی بالاتر از شیشه های رنگی و رفلکس عادی برخوردارند.

امروزه استفاده از پوششهای مدرن شیشه در کشورهای پیشرفته به عنوان یک استراتژی کلان برای بهینه سازی مصرف انرژی اتخاذ شده، به عنوان مثال در بخش ساختمان Energy Star به کارگیری پوششها به عنوان یک فن آوری مؤثر توصیه و به بررسی دقیق آن پرداخته شده است. امیدواریم با تکمیل پروژه های تحقیقاتی در این زمینه، در کشور ما نیز استفاده از این فن آوری در مباحث قانونی مربوط گنجانده شود.

یکی از حیطه های مهم در بهینه سازی مصرف انرژی، ساختمانهایی هستند که بدون توجه به اصول مصرف بهینه انرژی ساخته و مورد استفاده قرار گرفته اند. طبق آمار وزارت مسکن و شهرسازی تا پایان سال ۱۳۸۰ تعداد واحدهای مسکونی کشور بالغ بر ۱۲/۷ میلیون واحد برآورد شده است و سالانه ۵۰۰ تا ۶۰۰ هزار واحد به این مجموعه افزوده می گردد. در نتیجه برای تسریع در امر بهینه سازی سوخت و انرژی می بایست روشهای اجرایی برای ساختمانهای موجود پیشنهاد شود. یکی از مزایای عمده این فن آوری، امکان اجرای آن روش ساختمانهای موجود می باشد و بدون احتیاج به تعویض شیشه و قاب و ایجاد وقفه در کار قابل ارائه می باشد. چون این پوششها در جهت مقاوم سازی شیشه در مقابل زلزله نیز تأثیر بسزایی دارند، می توان با گسترش استفاده از آنها در ساختمانهای موجود و جدید، از صدمات آن به نحو قابل ملاحظه ای کاست.

البته با وجود قیمت ارزان انرژی و سوخت در کشور، هرگونه فعالیت در جهت بهینه سازی مصرف سوخت و انرژی می بایست با فرهنگ سازی و تسهیلات انجام گیرد و در صورتی که یارانه های دولتی در جهت ترویج فن آوریهای بهینه سازی مصرف سوق یابند، در اندک زمانی می توان به درصد قابل ملاحظه ای از صرفه جویی در مصرف سوخت و انرژی دست یافت.

8- <http://www.efficientwindows.org>