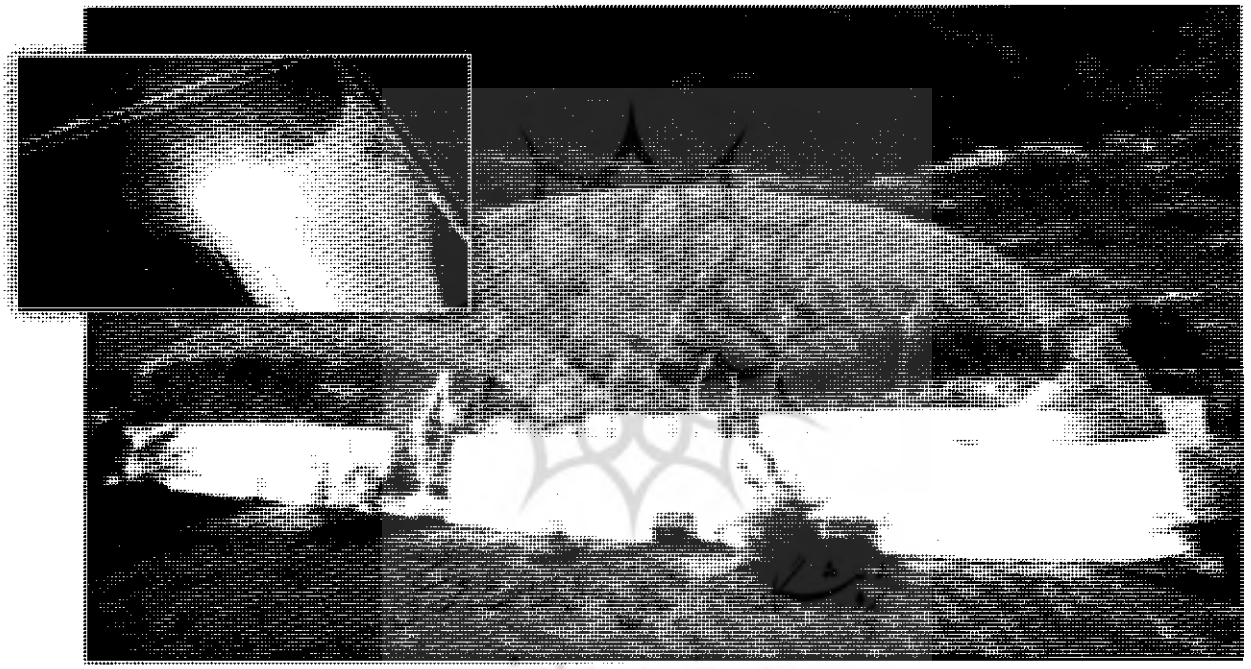
# بررسی و مقایسه بازتاب کننده‌های پلیمری آلومینیومی و شیشه‌ای در نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی

بایرام کاظم پور ، میکاییل آبافت یگانه

جهت استفاده بهینه از انرژی خورشیدی با توجه به آمار مصرف کل انرژی در جهان، کاهش آلودگی محیط زیست، ذخیره سوخت‌های فسیلی و به‌کارگیری آن در سایر صنایع ازجمله پتروشیمی، پالایشگاه و تبدیل به مشتقات مفیدتر با ارزش افزوده بیشتر، بهره‌برداری از انرژی خورشیدی با راه‌اندازی نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی با استفاده از تجهیزات مناسب وساده از اهداف کلی برای تامین انرژی از خورشید می‌باشد. نیروگاه‌هایحرارتی خورشیدی به لحاظ سادگی تکنولوژی و سرمایه اولیه کم نسبت به سایر روش‌های بهره‌برداری از انرژی خورشیدی روزبه‌روز در حال گسترش است. به‌کارگیری قطعات ساده و ارزان در قسمت بازتاب‌کننده نیروگاه با توجه به سهم ۱۹ درصد در جمع کننده‌ها در جهت کاهش هزینه‌های سرمایه اولیه نیروگاه‌ها موثر قرار می‌گیرد. بنابراین با جایگزینی فیلم‌های پلیمری آلومینیومی‌به جای بازتاب‌کننده‌های شیشه‌ای به دلیل هزینه کم نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی، ضریب بازتاب‌خوب، سادگی تولید، به‌کارگیری راحت، ارزانی قیمت کلکتورها، پایدار در برابر شرایط آب و هوایی وتعویض‌پذیری این کلکتورها پیشنهاد شده است.



مقدمه:

مصرف روز افزون سوخت‌های فسیلی به عنوان منابع محدود انرژی وتاثیرسوء آن برمحیط‌زیست توجه جهانیان را به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر جلب نموده است. در طی صدسال اخیر مصرف سوخت‌های فسیلی باعث افزایش ۳۰ درصدی غلظت اتمسفری دی‌اکسیدکربن شده است[۸]. همه ما می‌دانیم که در آینده‌ای نه چندان دور ذخیره سوخت‌های فسیلی در دنیا به سرعت کاهش یافته ونهایت به اتمام خواهد رسید.

به‌کارگیری انرژی‌های نو و تجدیدپذیر بویژه انرژی خورشید این منبع لایزال الهی به دلیل سهل وآسان ودر دسترس بودن، در طی سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه نسل فعلی قرار گرفته است. بهره‌برداری بیش از حد، از منابع زیرزمینی و فسیلی باعث شده است که آینده مخاطره‌آمیزی در انتظار کشورهای دارنده سوخت‌های فسیلی باشد. بنابراین وظیفه نسل فعلی این کشورها حفظ این سرمایه عظیم برای نسل آینده، توجه ویژه و فوق‌العاده به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بویژه انرژی خورشیدی می‌باشد. فنآوری ساده بهره‌برداری از انرژی خورشیدی، بحث‌های آلودگی محیط‌زیست و ذخیره سوخت‌های فسیلی از جمله عوامل مهمی هستند که خوشبختانه باعث شده در کشورما نیز سال‌های اخیر به منابع انرژی خورشیدی توجه خاصی معطوف گردد.

تبدیل انرژی خورشیدی واستفاده ازآن مستلزم روش‌های مختلف نو با فنآوری خاص بوده تا حداکثر راندمان حاصل شود. اگر امکانات اقتصادی طرح‌های مختلف وجوانب مختلف آن به طور کامل سنجیده شود، این امر در جلوگیری از به هدر رفتن سرمایه با توجه به توجیه اقتصادی موثر خواهد بود. به‌کارگیر ی تکنولوژی ساده و ارزان نیروگاه‌های حرارتی با توجه به هزینه سرمایه‌گذاری اولیه آن و استفاده ازقطعات ارزان ومناسب با در نظر گرفتن هزینه تمام شده برق مصرفی موثر قرار می‌گیرد. استفاده از بازتاب‌کننده‌های پلیمری در نیروگاه‌های حرارتی و مزایای پیش گفته شده ما را به جای بازتاب‌کننده شیشه‌ای نقره‌ای رهنمون می‌کند.

## مزایای استفاده از انرژی‌های خورشیدی

**مزایای زیست محیطی:**

۱) انرژی‌های خورشیدی به هیچ عنوان گازهای آلاینده ومضر مانند برای اتمسفر تولید نمی‌کند.

۲)انرژی‌های خورشیدی مانند انرژی هسته‌ای زباله‌های مشکل آفرین تولید نمی‌کند.

۳)این نوع انرژی‌ها پایان ناپذیرند.

مزایای استراتژیک:

۱) انرژی خورشیدی را به طور منطقه‌ای ومحلی می‌توان تولید واستفاده نمود.

۲)این انرژی‌ها باعث قطع وابستگی می‌شوند.

مزایای اجتماعی واقتصادی:

۱) این نوع انرژی (خورشیدی) به یک کشور فرصت امکان توسعه وتکنولوژی استفاده از تمام انرژی‌ها را ارائه می‌دهد.

۲) باعث رشد سطح زندگی جوامع کوچک(مناطق دور دسترس) وافزایش نوع انرژی‌های تولیدی در کشور می‌شود.

## نگاهی به آمار مصرف جهانی انرژی:

در حال حاضر حدود ۶۱درصد. از کل الکتریسیته جهان و ۸۰درصد از انرژی‌های تجاری در دنیا از سوخت‌های فسیلی تجدیدناپذیر به دست می‌آید، که در تأمین انرژی گرمایشی، حمل ونقل، الکتریسیته وتولید سایر محصولات صنعتی به کار می‌روند. آمار نشان می‌دهد تجهیزات خورشیدی تولیدکننده برق درسال ۱۹۹۹میلادی ۲۰۰ مگاوات، در سال ۲۰۰۰ میلادی ۲۸۰ مگاوات، در سال ۲۰۰۱ میلادی ۳۴۰ مگاوات ودر سال ۲۰۰۲ میلادی۴۲۷ مگاوات برق تولید کرده‌اند [ ۸]. تولیدات منابع انرژی تجدید پذیر ۱۳ درصد از انرژی جهانی را به خود اختصاص داده‌اند، که در این بین سهم انرژی خورشیدی در تامین انرژی‌های مورد نیاز جهان فقط ۱ درصد از کل انرژی‌های تجدیدپذیر است[ ۸]. خوشبختانه در طی ۲۰سال اخیر نرخ رشد تقاضا برای انرژی خورشید به طور ثابت ۲۰ الی ۲۵ درصد در سال بوده و در طول این سال‌ها قیمت تمام شده برق تولیدی و قیمت خود تجهیزات نیز کاهش یافته است، که علت این امر را می‌توان به بهبود فنآوری تولید و توجیه اقتصادی اشاره نمود. در رابطه با مصرف انرژی خورشیدی در ایران، وضعیت جغرافیایی ایران به‌گونه‌ای است که بین عرض‌های جغرافیایی ۲۵ الی ۴۰ درجه قرار گرفته ومیزان تابش برون زمینی خورشیدی برسطح افق بین ۳۰۰ الی ۹۵۰ کالری برسانتیمتر مربع در طول روز تغییر می‌کند. با مقایسه انرژی خورشیدی با انرژی‌های سوخت‌های فسیلی با توجه به وسعت کشورمان و میزان کل انرژی خورشیدی در ایران که درحدود ۱۰۱۶ مگاژول می‌باشد، که این مقدار از نظر ارزش برابر ۱۶۰۰ میلیارد بشکه نفت‌خام بوده واز نظر مقدار تقاضای انرژی سالیانه در کشور مقدار قابل توجهی را نشان می‌دهد. با صرفه‌جویی این منابع انرژی سوختی و به‌کارگیری در دیگر صنایع از نظر اقتصادی منافع زیادی از این صنایع نصیب کشور حاصل خواهد شد[ ۸].

## مقایسه هزینه‌های تولید انرژی:

هزینه الکتریسیته به صورت تابعی از زمان به خاطر افزایش تورم قیمت سوخت‌های فسیلی، هزینه نگهداری و سرمایه اولیه افزایش می‌یابد. مقایسه هزینه‌های پیش‌بینی شده برق حرارتی خورشیدی نشان می‌دهد که تا سال ۱۹۹۰ میلادی در بهترین وضعیت‌ها هم نمی‌توانند با نیروگاه‌های معمولی رقابت کنند، بخشی از موفقیت این نیروگاه‌ها مدیون استفاده از گازهای طبیعی ارزان قیمت می‌باشد. جدول زیر مقادیر هزینه و ضریب ظرفیتی ر در نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی نشان می‌دهد [۷].

**جدول (۱): هزینه‌ها در نیروگاه حرارتی**

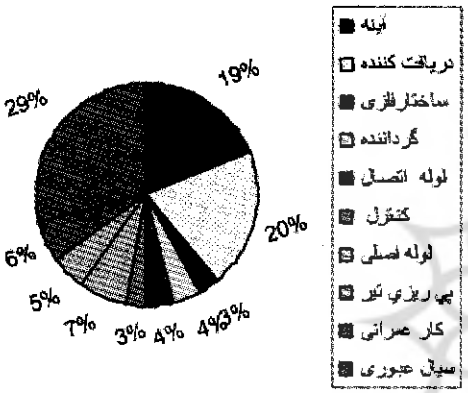
| نوع سیستم | منبع | سال | ضریب ظرفیت | هزینه سرمایه‌ای | هزینه عملیات و نگهداری(سال) |
|---|---|---|---|---|---|
| حرارتی | زیاد | ۱۹۹۸ | ٪۵۰ | $۲۵۰۰ /kW$_e$ | ۲/۵ |
| | | ۲۰۰۰ | ٪۵۰ | $۲۵۰۰/kW$_e$ | ۲/۲ |
| | | ۲۰۱۰ | ٪۵۰ | $۱۷۰۰/kW$_e$ | ۲/۰ |
| | | ۲۰۲۰ | ٪۵۰ | $۱۵۰۰/kW$_e$ | ۱/۵ |

با در نظر گرفتن ارقام بالا که نشان از کاهش هزینه‌هادر طول زمان، در نتیجه بهبود مشخصات فنآوری ناشی از افزایش تجربه از یک طرف وبهبود بخشی هزینه‌های تولید در اثر افزایش حجم تولید ازطرف دیگر است. بنابراین باجایگزینی فنآوری ساده و کم هزینه جهت بهره‌برداری از حداکثر انرژی خورشیدی هزینه سرمایه‌ای را در این نیروگاه‌ها به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد.

## اهمیت بازتاب‌کننده در جمع‌کننده نیروگاه حرارتی:

فنآوری خورشید گرمایی حرارتی از آینه‌های بزرگ برای جمع کردن نور خورشید جهت تولید بخار آب از انرژی خورشید مورد استفاده قرار می‌گیرد. توسعه مواد بازتاب‌کننده ساده و کم هزینه برای تولید الکتریسیته ارزان قیمت در نیروگاه‌های حرارت خورشیدی خیلی مهم می‌باشد، با در نظر گرفتن سهم قسمت‌های مختلف جمع‌کننده‌ها مورد استفاده در نیروگاه‌های حرارت خورشیدی قسمت بازتاب‌کننده با توجه شکل (۱) بیشترین مقدار را با سهم (۱۹ درصد) را نسبت به سایر قسمت‌های کلکتور داراست[۱۲] بنابراین با کاهش صرفه جویی قیمت در قسمت بازتاب‌کننده، هزینه تمام شده جمع‌کننده‌ها باتوجه به سهم آینه‌ها نسبت به سایر قسمت‌ها کاهش می‌یابد.

**نمودار(۱):سهم قسمت‌های مختلف کلکتور نیروگاه‌های حرارتی**




با عنایت به سهم بازتاب‌کننده‌ها در کل جمع‌کننده، مواد بازتاب‌کننده باید دارای قیمت پایین وپایداری بازتاب‌کنندگی خود در طول زمان عمر باشند. انواع موادبازتاب‌کننده که در کلکتور حرارت خورشیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

۱) شیشه نقره اندود شده

۲) آلومینیوم متالایز شده روی فیلمی از پلی‌استر

۳) آلومینیوم متالایز شده روی فیلمی از اکریلیک

۴) نقره متالایز شده روی یک فیلم

عوامل مهم در انتخاب وتعیین یک بازتاب‌کننده خوب عبارتند از: ضریب اپتیکی، قابلیت عدم فرسایش در محیط، قابلیت تعویض‌پذیری. بنابراین باید در طراحی و ساخت کلیه قطعات و مواد مورد استفاده در بازتاب‌کننده‌ها، اولاً دوام و عمر مفید طولانی داشته و ثانیاً از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند[۶].

## بازتاب‌کننده‌ها و بررسی نمودار ضریب بازتاب مورد استفاده در کلکتورها:

شبیه نمونه‌های آینه‌های نخستین مورد استفاده در کلکتورها که به صورت سهموی‌شلجمی به طول ۸۴ متر ساخته و برای اجتناب از سایه افکندن بر روی همدیگر در یک سلولی آراسته می‌شوند. تکنولوژی پیشرفته در مورد بازتاب‌کننده خورشید شامل فیلم‌های پلیمری چسبیده شده، بر روی قالب‌های آلومینیومی‌سهموی شکل می‌باشد. به عنوان مثال آینه‌های مورد استفاده در کلکتورهای نیروگاه Tenerife اسپانیا از فیلم‌های اکرلیکی که از نوع بهترین بازتاب‌کننده پلیمری می‌باشد، مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از این سطوح بازتاب‌کننده علاوه بر کاهش هزینه اولیه، باعث افزایش توان خروجی تا۶/۱ برابر می‌شود. [۱۰].

۲۵نوع از این فیلم‌ها و ترکیبات مختلف توسط شرکت‌های استفاده‌کننده و تولیدکننده در رابطه با شکنندگی سطح ها، میزان بازتاب، مقاومت در برابر

اشعه ماوراءبنفش و انعطاف پذیری مورد آزمایش قرار گرفته‌اند، بیشتر این آزمایش‌ها در یک نیروگاه در اسپانیا) برای کمک به این کارها صورت گرفته است، که سه نوع فیلم بازتاب کننده در این نیروگاه وآزماشیگاه مورد استفاده قرار می گیرند [۳].

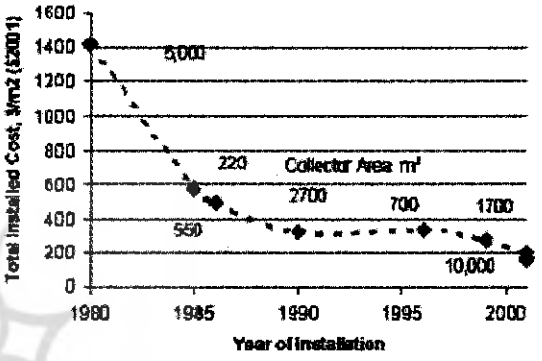
۱) فیلم پلیمری آلومینیومی جلاء داده شده به ضخامت ۰/۵mm که به آلومینیوم به ضخامت ۲/۵mm می چسبد.

۲) فیلم پلیمری نقره‌ای با پوشش پلیمرهای اکرلیکی

۳) فیلم آلومینومی خالص پلیمری به ضخامت ۱/۵ mm

اخیراً موسسه تحقیقاتی Industrial solar Technology ازکلکتورهای با ساختار آلومینیومی استفاده می‌کند، که بازتاب کننده‌های پلیمری آلومینیومی بر روی قالب‌های آلومینیومی برای انعکاس اشعه خورشید چسبانده می‌شوند، این بازتاب‌کننده‌ها کمترین نیاز به نگهداری وتمیزکاری دارند قیمت این کلکتورها($/m) ۲۰۰ می‌باشد و کاهش هزینه کلکتورها طبق اعلام موسسه (IST ۲) به صورت نمودار زیر می‌باشد [۳].

**شکل (۲):نمودار هزینه کلکتورها**




نمودار کاهش هزینه کلکتورهادر طول زمان

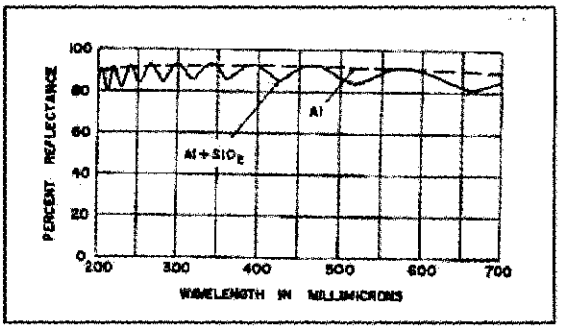
نمودار بالا کاهش هزینه کلکتورها در طول زمان به خاطر بهبود تکنولوژی و افزایش حجم تولید را نشان می‌دهد.

عمده پلیمرهای مورد استفاده در این کار از نوع پلی استر، پلی پروپیلن، پلی استایرن، استو بوتیرات و پلی متیل متااکرلیک می‌باشد. فیلم های آلومینیومی مورد نظر به روش اسپاترینگ یا تبخیر درخلاء بوسیله دستگاه های لایه نشانی با لایه‌های مختلف (محافظ ولایه‌های بازتاب) تهیه می‌شود و با چسب مخصوصی بر روی قالب های سهموی یا شلجمی چسبانده می‌شوند تا با انعکاس دادن اشعه خورشیدی بر روی لوله‌های نصب شده در کانون آینه ها، دمای سیال جاری در لوله ها به حدود ۴۰۰ درجه سانتیگراد برسد.

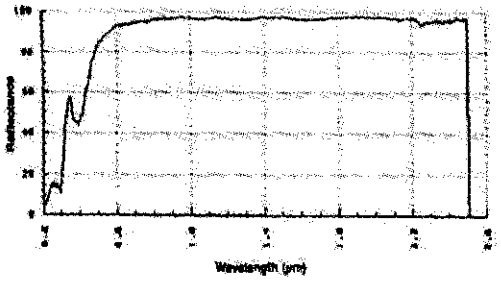
## مقایسه خواص بازتاب کننده پلیمری و شیشه‌ای:

مقایسه نمودارهای ضریب بازتاب فیلم پلیمری آلومینیومی با لایه محافظ $SiO_2$ و ضریب بازتاب شیشه نقره‌ای طبق شکل های (۳و۴) در می‌یابیم که بازتاب فیلم‌های آلومینیومی در حد قابل قبول با بازتاب کننده شیشه‌ای برای سطوح بازتاب کننده در کلکتورها می‌باشد. [۴, ۸]

**شکل (۳): نمودار ضریب بازتاب فیلم پلیمری آلومینیومی**

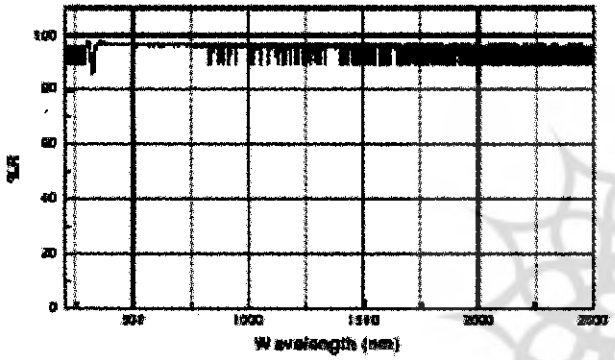



**شکل (۴): نمودار ضریب بازتاب شیشه نقره‌ای**

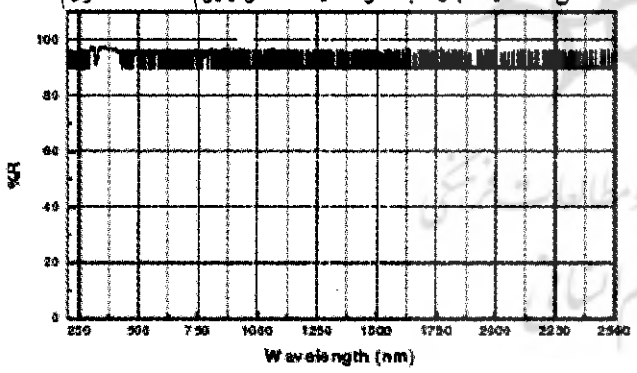



با مقایسه ضریب بازتاب فیلم های پلیمری آلومینیومی با بازتاب کننده شیشه‌ای در محدوده طول موج خورشیدی در می‌یابیم که بازتاب کننده های آلومینیومی در حد قابل قبول با سایر موارد مشابه مورد استفاده در کلکتورهای نیروگاه های خورشیدی می‌باشد. نمودار ضریب بازتاب نمونه های لایه نشانی آزمایشگاهی تولید شده توسط مرکز تحقیقات بناب در شکل های پایین آمده است. این نمودارها توسط نرم افزار Origin رسم شده‌اند.

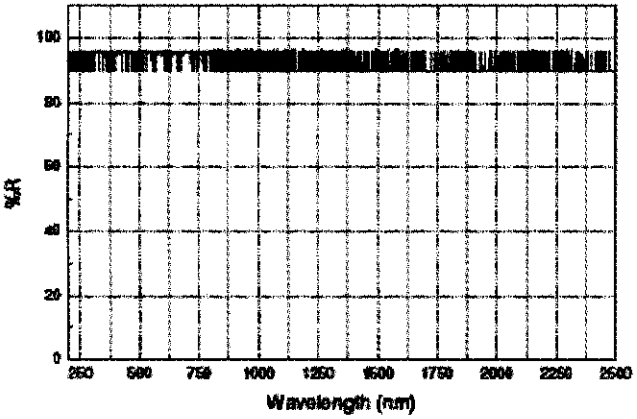
**شکل (۵): طیف بازتابی نمونه ۱۲۰۰آنگستروم نقره روی شیشه**




**شکل (۶):طیف بازتاب نمونه شیشه +آلومینیوم(۱۲۰۰آنگستروم) +**




**شکل (۷): طیف بازتاب نمونه ۱۲۰۰ آنگستروم آلومینیوم روی پل استر**



## مقایسه بازتاب کننده های پلیمری و شیشه ای:

**جدول (۲): مقایسه بازتاب کننده‌ها [۶و۳]**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

باتوجه به ویژگی‌ها، ساختار، هزینه، روش تولید وکاربرد بازتاب‌کننده‌های پلیمری در مقایسه با بازتاب‌کننده‌های شیشه‌ای، جایگزینی بازتاب‌کننده‌های آلومینیومی‌به جای بازتاب‌کننده‌های شیشه با این ویژگی‌ها، خاصیت و مزیت‌ها اجتناب‌ناپذیر است. طبق اعلام آمار نیروگاه‌های حرارتی استفاده کننده از کلکتورهای سهموی در کالیفرنیا، اسپانیا، آلمان وشمال آفریقا قیمت الکتریسیته تولید شده در حدود۵-۴Kwh/سنت می‌باشد با بیشتر شدن توان خروجی نیروگاه و استفاده از تکنولوژی کم هزینه، قیمت الکتریسیته تولید شده تا سال ۲۰۱۵ میلادی۳/۵ در هرKwh برآورد می‌شود [۱۲]. هزینه و قیمت تمام شده کلکتور پلیمری نصب شده در نیروگاه‌ها به صورت جدول زیر می‌باشد [۱۱]:

**جدول (۳):مقایسه مشخصات کلکتورهای پلیمری**

| مشخصات | واحد | Conv ICS 2003 | RITH 2004 | Polymer ICS 2005 |
|---|---|---|---|---|
| اندازه کلکتور | $Ft^2$ | ۲۶ | ۳۲ | ۲۰ |
| بازده سالیانه | % | ۳۳ | ۲۰ | ۵۰ |
| هزینه ساخت | $ | ۱۸۰۰ | ۱۶۰۰ | ۸۰۰ |
| هزینه نصب سیستم | $ | ۶۰۰ | ۲۰۰ | ۳۰۰ |
| مدت زمان نصب | hr | ۱۲ | ۸ | ۴ |
| هزینه انرژی | $/kwh | ۰/۰۴ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ |

با مقایسه هزینه وقیمت کلکتورها در جدول (۳) بالا ناشی از کاهش در طی طول زمان به خاطر استفاده از تکنولوژی مفید و ارزان می‌باشد. قیمت بازتاب کننده های پلیمری آلومینیومی‌باطول عمر بیشتر از ۴سال به ازای ۷۵$/ft$^2$ و بازتاب کننده های شیشه ای نقره‌ای با طول عمر ۱۰ سال ۶$/ft$^2$می‌باشد [۱].

با مقایسه هزینه وبررسی امکان تهیه انواع بازتاب‌کننده‌ها جهت استفاده در کلکتورها درمی‌یابیم که تولید بازتاب‌کننده‌های شیشه‌ای به اندازه‌های معمولی۱m به امکانات و دستگاه‌های بسیار بزرگ لایه نشانی و شرایط سخت پوشش‌دهی بر روی سطوح خمیده نیاز دارد ولی تولید فیلم پلیمری آلومینیومی‌بازتاب‌کننده با دستگاه‌های لایه نشانی راحت‌تر انجام می‌گیرد، علاوه بر این اندازه کلکتورهای پلیمری با توجه به اندازه فیلم‌ها بزرگتر از نوع شیشه‌ای می‌تواند باشد، بنابراین با در نظر گرفتن هزینه تمام شده، روش تولید، انعطاف‌پذیری بر روی قالب‌های سهموی، پایداری در برابر شرایط آب وهوایی، تعویض‌پذیری و بازتاب بالای فیلم‌های آلومینیومی‌در حد قابل مقایسه با نقره، بازتاب‌کننده‌های پلیمری آلومینیومی‌به جای بازتاب‌کننده‌های شیشه‌ای نقره‌ای (به علت فرسودگی بسیار بالای آن وقیمت تمام شده وروش تولید) استفاده می‌شود [۴]. با توجه به موارد فوق‌الذکر و همچنین کارآیی وکیفیت این مواد در بازتاب‌کننده‌ها، فلز آلومینیوم دارای رنگ شفاف و بازتاب زیاد بوده و نور را منعکس می‌کند، از طرفی دیگر به حرارت و سرما و فشارهای خارجی بسیار مقاوم می‌باشد. با توجه به خاصیت بازتابی بسیار بالای عنصر آلومینیوم و عدداتمی نه چندان زیاد این عنصر برای امواج مرئی و نسبت به سایر مواد بازتابنده مورد استفاده زیاد قرار می‌گیرد. مرکز تحقیقات بناب تجربه و توانایی لایه نشانی انواع فلزات بر روی انواع پلیمر یا ضخامت‌های دلخواه برای کاربردهای دیگر و همچنین این مرکز قادر به تولید بازتاب‌کننده‌های پلیمری را داراست. شکل (۵)دستگاه لایه نشانی مرکز را نشان می‌دهد.

**شکل (۸): دستگاه لایه نشانی مرکز بناب**

## نتیجه گیری:

۱) با افزایش قیمت سوخت‌ها فسیل به علت تجدید ناپذیر این سوخت‌ها، افزایش آلودگی ناشی از سوخت این منابع انرژی وذخیره منابع نفت برای نسل‌های آینده جهت استفاده بهینه از این منابع رویکرد عموم به بهره‌برداری از انرژی خورشیدی در تمامی‌زمینه‌ها از جمله نیروگاه‌های حرارتی می‌باشد.

۲) با توجه به جداول (۱و۲) و شکل (۲) استفاده از تکنولوژی کلکتورهای سهموی شلجمی به طور جاری در تولید الکتریسیته در نیروگاه‌های گرمایی خورشیدی در حال گسترش و بیشتر از نوع‌های دیگر استفاده می‌شود.

۳) با توجه به اعداد جداول که سهم آینه‌ها در ساختار کلکتورها ۱۹ درصد می‌باشد، که این مقدار نسبت به سایر قسمت‌های مختلف بیشترین مقدار را شامل می‌باشد بنابراین استفاده از بازتاب‌کننده‌های مناسب و هزینه پایین در کاهش هزینه کل موثر قرار می‌گیرد.

۴) با مقایسه ضریب بازتاب فیلم‌های پلیمری آلومینیومی‌و بازتاب‌کننده‌های شیشه‌ای در شکل‌های (۳و۴) مورد استفاده در کلکتورها ضریب بازتاب فیلم‌های پلیمری در مقایسه با ضریب بازتاب شیشه‌ای نقره‌ای قابل قبول برای این کار می‌باشد.

۵) با درنظر گرفتن اعداد وارقام جدول (۲و۳) جایگزینی آینه‌های پلیمری آلومینیومی‌با توجه به ضریب بازتاب، قیمت آینه‌ها، خواص مکانیکی وروش تولید به جای بازتاب‌کننده‌های شیشه‌ای نقره‌ای در کاهش هزینه سرمایه اولیه و به‌کارگیری راحت این بازتاب‌کننده‌ها پیشنهاد می‌شود.

## فهرست منابع ومأخذ:


[1] John Harrison, Investigation of Reflective Materials for the Solar cooker-Florida Solar Energy Center, 24 December 2001

[2] Thomas Fend , Bernhard Hoffschmidt , Gary Jorgensen , Harald Kuster , Dirk Kruger , Robert Pitz-Paal , Petez Rietbrock , Klaus-Jurgen Riffelmann , Comparative assessment of solar concentrator materials,www.elsevier.com-2003

[3] ken May, Parabolic Through of development concentrating solar power market, Industrial solar technology corporation-2003

[4] L. Alan, P. Bradford and George Hass, Solar Reflectance of Unprotected and Protected Aluminum Front Surface Mirrors,(1996)

[5] Henry Price, A parabolic trough solar power plant simulation model National Renewable Energy Laboratory1617 Cole Blvd., Golden, Colorado, 80401-March , 2003

[6] Maria Bbrogren, optical efficiency of low-concentrating solar energy system with parabolic reflector-2004

[۷] جبار- محسن -مقایسه اقتصای سیستم‌های خورشیدی با فنآوری‌های انرژی‌های معمولی-مجله صنعت برق مهر -۸۳

[۸] طلوعیان، اکبر بررسی وتحلیل اقتصادی کاربرد سیستم‌های خورشیدی و روند روبه رشد استفاده از این منبع انرژی نا محدود در ایران وجهان مردادسال ۱۳۸۳

[9] F end, Th., Jorgensen, G., Kuster, H., 2000. Applicability of highly reflective aluminum coil for solar concentrators. Solar Energy-68(4), 361–370

[10] Klaus-Jrügen Riffelmann, D. Krüger, R. Pitz-Pall, Solar Thermal Plant Power And Process Heat , Deutsches Zentrum Fur Luft –und Raumfahrt -1999

[11] Tex ,Wilkins- solar Thermal Overview –Energy Efficiency and Renewable Energy -march 2003

[12] Sargent & Lundy LLC Consulting Group Chicago, Illinois- Assessment of Parabolic Trough and Power Tower SolarTechnology Cost andPerformance Forecasts –October 2003