نانو و صنعت

مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شمارهٔ ۲۷۴ صنعت ساختمان

مزایای اقتصادی استفاده از کلکتورهای ضدخوردگی مبتنی بر فناوری نانو

INDnano.ir

ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو • www.nano.ir

شناسنامه

ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

طراحی و اجرا:	توسعه فناوری مهرویژن	تلفن:	۰۲۱-۶۳۱۰۰
نظارت:	داود قرایلو	نمابر:	۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
صندوق پستی:	۳۴۴-۱۴۵۶۵		
پست الکترونیک:	IND@nano.ir	پایگاه اینترنتی:	www.nano.ir www.INDnano.ir
سال انتشار:	۱۴۰۳		
نویسنده:	اشکان عبدشاهی؛ سروش صحرائیان	اینستاگرام نانو و صنعت:	@INDnano.ir

محتواهای صنعتی و فناورانهٔ خود را از طریق پست الکترونیک و پایگاه اینترنتی نانو و صنعت (INDnano.ir) ارسال نمایید.

فهرست مطالب

- معرفی ۳
- مزایای کلکتورهای ضدخوردگی ۴
  - سختی ۵
  - مقاومت در برابر سایش ۵
  - مقاومت در برابر خوردگی ۵
  - خنثی بودن از نظر شیمیایی ۵
  - محیط زیستی ۵
- تحلیل هزینه-فایده استفاده از کلکتورهای آلومینایی پوشش‌داده‌شده با نانوذرات ۶
- شرکت ایرانی تولیدکننده کلکتورهای نانویی ۱۱
- پی‌نوشت‌ها ۱۱
- منابع ۱۱

معرفی

کلکتورها توزیع‌کننده‌های جریان هستند و به‌طور معمول از جنس‌های فولاد سیاه، گالوانیزه و یا برنج ساخته می‌شوند [۱]. این ابزارها برای توزیع آب سرمایش و گرمایش در سیستم‌های بسته، آب مصرفی و انتقال گاز استفاده می‌شوند[۲]. اما استفاده آب در کلکتورهای فولاد سیاه ممکن است در طولانی‌مدت باعث خوردگی شود و طول عمر آن‌ها را کاهش دهد. همچنین کلکتورهای برنجی نیازمند آبکاری هستند و به‌لحاظ وزن و قیمت، بسیار سنگین و گران هستند. حالا بهتر نیست از آلیاژهای خاص آلومینیوم استفاده کنیم؟ آلومینیوم به‌لحاظ وزن سبک‌تر و ارزان‌تر است و با پوشش‌های نانوساختار اکسیدی، می‌توان آن را در تأسیسات ساختمان برای سیستم‌های سرمایش و گرمایش، آب‌رسانی سرد و گرم و گازرسانی به کار برد [۳].

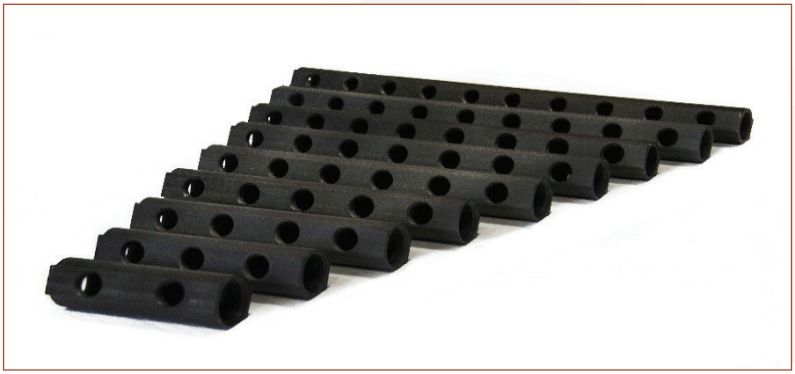
درحال‌حاضر، برای ساخت کلکتورهای مقسم آب از آلیاژ برنج با پوشش کرم روی سطح آن استفاده می‌شود[۴]. اما این روش دارای مشکلاتی است. برنج آلیاژی از مس و روی است که معمولاً حاوی قلع و آرسنیک نیز است. آرسنیک عنصری بسیار سمی برای بدن انسان است، به‌ویژه موقعی که به‌صورت وارد شده در آب شرب باشد [۵]. همچنین قیمت بالای برنج و وزن بالای قطعات برنجی از مشکلات عمده محصولات ساخته شده با این آلیاژ است. از طرفی ازآنجاکه برنج آلیاژی از عناصر روی و مس است که نمی‌توان به‌صورت دقیق مقداری مناسب از میزان هر عنصر در آلیاژ بیان کرد و ترکیب‌های متفاوتی را ایجاد خواهد کرد، بنابراین گاهی تفاوت ساختاری زیادی در برنج انتخاب‌شده برای ساخت کلکتور را مشاهده خواهیم کرد که همین امر سبب خواهد شد که عمر مفید کلکتور برنجی تحت تأثیر قرار گیرد و در ترکیبات خاصی از برنج، کاهش یابد.

در این راستا، تولید کلکتورهای مقسم آلومینیوم با پوشش اکسید آلومینیوم یا آلومینا می‌تواند جایگزین مناسبی برای برنج باشد [۶]. آلومینیوم به‌دلیل وزن سبک‌تر و قیمت مناسب‌تر، گزینه‌ای جذاب‌تر برای تولید کلکتورهای مقسم آب است [۲]. اگرچه آلیاژهای آلومینیوم به‌دلیل نقاط ضعفی مانند سختی کمتر و مقاومت به خوردگی نسبت به برنج، در برخی موارد مورد ترجیح قرار نمی‌گیرند اما با استفاده از پوشش‌های اکسیدی نانوساختار بر روی سطح آلیاژهای آلومینیوم، می‌توان این نقاط ضعف را بهبود بخشید و رفع نمود. این پوشش‌های اکسیدی قبلاً برای قطعاتی نظیر ظروف آشپزخانه، هیت‌سینک‌های دفع حرارت و آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی نیز استفاده شده‌اند [۱]. اما مشکلاتی در تأسیسات و سامانه‌های موردنیاز برای ایجاد این پوشش‌ها وجود داشته که با بهره‌گیری از طراحی‌های نوین و استفاده از دانش روز الکترونیک، این مشکلات قابل‌حل هستند.

همان‌طور که اشاره شد، با ایجاد لایه اکسیدی نانوساختار سخت و چسبنده بر روی سطح آلومینیوم، می‌توان نقاط ضعف آلومینیوم را بهبود بخشید. پوشش اکسیدی ایجاد شده روی آلومینیوم، اکسید آلومینیوم یا آلومیناست. آلومینا یکی از مواد سرامیکی مهم است که دارای خواص مکانیکی برجسته‌ای مانند استحکام فشاری بالا، سختی بالا و مقاومت به خوردگی است [۷]. به‌علاوه، آلومینا به‌دلیل خنثی بودن و عدم واکنش‌پذیری، از نظر بهداشتی تمام استانداردهای روز دنیا را تأمین می‌کند، به همین دلیل سال‌ها از این پوشش در ساخت ظروف آشپزخانه (ماهیتابه و قابلمه) استفاده شده است [۲]، [۷]. به‌طور کلی آلومینا به‌دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی منحصربه‌فرد خود، در بسیاری از صنایع و کاربردها مورداستفاده قرار می‌گیرد و نقش مهمی در تولید محصولات صنعتی و مصرفی دارد.

در فرایند تولید کلکتورهای مقسم آب و بوشن مغزی، اتصالات پلیمری به کار رفته که در ساخت آن‌ها از آلیاژهای

برنج استفاده می‌شود و با مشکلاتی همچون مقاومت کم به سایش، ناهنجاری‌های بهداشتی، چگالی بالا، نسبت استحکام به وزن کم و قیمت بالای برنج روبه‌رو است [۸]. اما با انتخاب صحیح آلیاژ آلومینیوم و ایجاد پوشش‌های نانوساختار اکسیدی بر روی سطح این فلز، می‌توان تمام این نقاط ضعف را برطرف کرد [۱]. در ساخت این محصول، از گریدهای خاص آلیاژهای آلومینیوم استفاده می‌شود که خود این آلیاژ، بدون پوشش، ویژگی‌های منحصربه‌فردی دارد. آلیاژهای این نوع آلومینیوم یکی از مواد پرکاربرد در صنعت است و به‌صورت ورق، پروفیل، لوله بدون درز، میله، لوله اکسترودشده، بدنه قایق‌های کوچک، ساختمان‌ها، لوازم منزل، خطوط لوله (مانند سیستم‌های هیدرولیک برای روغن و گاز و کندانسورها) و در مواردی که نیاز به سازه‌های با استحکام، قابلیت جوشکاری و مقاومت در برابر خوردگی داریم، کاربرد دارد[۱]. این اقدامات علاوه‌بر افزایش کارایی محصولات، می‌تواند به بهبود پایداری و عمر مفید آن‌ها نیز کمک کند.



شکل ۱- انواع کلکتورها با تعداد انشعاب‌های متفاوت

مزایای کلکتورهای ضدخوردگی

ایجاد یک لایه اکسیدی (آندایزینگ) بر روی سطح آلومینیوم، به میزان زیادی کاربرد آلومینیوم و آلیاژهای آن را افزایش داده است و در مکان‌هایی استفاده می‌شود که کاربرد آلومینیوم آندایزنشده ممکن نیست. استفاده‌های متنوعی از این پوشش‌ها وجود دارد، ازجمله استفاده به‌عنوان زیرلایه‌ای برای رنگ‌آمیزی و سایر فرایندهای آلی، ایجاد میان‌لایه برای مواد چسبنده و تولید لایه‌های نانومتخلخل برای فرایند آندایز [۱].

این فرایند می‌تواند یک لایه اکسیدی با ضخامت دلخواه و مقاوم به خوردگی ایجاد کند که وضعیت ظاهری آلومینیوم را بهبود بخشیده و از این طریق کاربرد آلومینیوم را به مواردی که نیاز به ظاهری زیبا مانند لوازم ورزشی، صنعت دارویی، بهداشتی و بسته‌بندی یا مقاومت به خوردگی خیلی بالا مانند صنایع کشتی‌سازی باشد، گسترش دهد [۲]، [۴].

آلومینیوم آندایز به‌دلیل خواص گوناگون و متفاوتی چون خواص دی‌الکتریک مناسب برای خازن‌های آلومینیومی و نانومتخلخل برای فیلترها و بیوحسگرهای شیمیایی، توجه زیادی را به خود جلب کرده است [۹]. از طرفی به‌دلیل سادگی و تجزیه‌پذیری فرایند تولید، آلومینیوم آندایز به‌صورت گسترده‌ای برای کاربردهای معماری و ساختمانی استفاده می‌شود. از همین رو شناخت و درک صحیح از خواص آلومینیوم و خواص پوشش‌های نانوساختار اکسیدی به‌راحتی می‌تواند کاربردهای بسیار متنوعی را پیش روی قطعاتی از جنس آلومینیوم پوشش‌دار، قرار دهد. مزایای کلکتور و بوشن‌های ساخته شده با آلیاژ آلومینیوم با پوشش‌های نانوساختار اکسیدی نسبت به آلیاژ برنج در ادامه ذکر شده است.

سختی

آلومینیوم آندایزشده با سختی حدود ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ ویکرز (معادل ۶۵ تا ۷۰ راکول‌سی) از برنج که در بهترین شرایط تمپر و ترکیب، سختی حدود ۲۰۰ ویکرز دارد، بسیار سخت‌تر است [۱]، [۲].

مقاومت در برابر سایش

پوشش‌های آندایز سخت با چسبندگی و سختی بالا، سطح قطعه را به‌شدت در برابر سایش محافظت می‌کنند [۱]، [۱۰]. همچنین به‌دلیل ماهیت سرامیکی پوشش در مواجهه با کوپل‌های سایشی نسبت به کوپل‌هایی از نوع فلز-فلز، ضریب اصطکاک کمتری دارند که منجر به افزایش مقاومت در برابر سایش می‌شود [۲].

مقاومت در برابر خوردگی

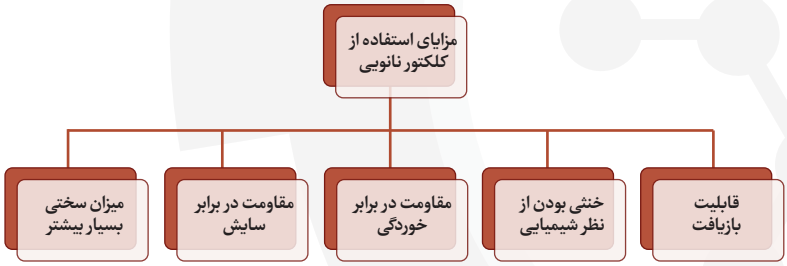
آلومینیوم به‌طور ذاتی مقاوم به خوردگی است و مقاومت به خوردگی آن از بهترین‌ها در انواع آلیاژهای مهندسی است [۱۱]. همچنین آلومینیوم آندایزشده به‌دلیل ترکیبات اکسیدی بر روی سطح و ضخامت بالای آن، مقاومت بسیار بالایی در برابر رسوب نمک‌ها و محصولات خوردگی دارد [۱۱]، این ویژگی آن را برای محیط‌های خورنده و محیط‌هایی که مستقیماً در معرض آب‌وهوا هستند، مناسب می‌سازد. آلومینیوم آندایزشده در مقایسه با برنج که به‌دلیل حضور آرسنیک و مس ممکن است به خوردگی حساس باشد، مقاومت بیشتری در برابر خوردگی دارد.

خنثی بودن از نظر شیمیایی

آلومینیوم آندایزشده به‌دلیل لایه‌های سطحی اکسیدی که باعث می‌شود فلز از حالت فعال خارج شود، مقاومت بسیار بالایی به مواد شیمیایی دارد [۷]. این ویژگی باعث می‌شود که در مقایسه با مس و آلیاژهای آن، آلومینیوم آندایزشده مقاومت به مواد شیمیایی بسیار بالاتری داشته باشد.

محیط زیستی

آلومینیوم آندایزشده از نظر محیط زیستی بسیار مطمئن است. پوشش‌های آندایز قابلیت بازیافت بدون هیچ‌گونه خطری برای محیط زیست را دارند [۷]. همچنین بازیافت آلومینیوم زمینه نیز از آن جهت که دمای ذوب پایین‌تری دارد راحت‌تر بوده و مشکلات محیط زیستی کمتری نسبت به مس و آلیاژهای آن دارد.



شکل ۲- مزایای استفاده از کلکتورهای نانویی

تحلیل هزینه-فایده استفاده از کلکتورهای آلومینایی پوشش‌داده‌شده با نانوذرات

در جدول ۱ به مقایسه یک کلکتور شش‌انشعابه با قطر اصلی ۱ اینچ و قطر هر انشعاب خروجی ۱/۲ اینچ از دو نوع نانویی و غیرنانویی موجود در بازار پرداخته شده است که تمامی مشخصات موجود در آن، در طی تماس با واحد فروش هر شرکت در دی‌ماه سال ۱۴۰۲ به دست آمده و ذکر شده‌اند.

جدول ۱- قیمت کلکتورهای شرکت‌های مختلف

مدل شش‌انشعابه

ردیف	نوع	جنس	قطر اصلی (inch)	قطر خروجی هر انشعاب (inch)	وزن (gr)	میزان سختی (VH)
۱	کلکتور نانویی	آلومینا با پوشش نانوذرات	۱	۰٫۵	۵۴۰	۷۵۰ – ۸۰۰
۲	کلکتور غیرنانویی	فولاد	۱	۰٫۵	۲۰٫۰۰۰	۲۰۰ – ۳۰۰
۳	کلکتور غیرنانویی	برنج	۱	۰٫۵	۸۵۰	۱۰۰ – ۲۰۰

همان‌طور که از جدول ۱ قابل‌مشاهده است، کلکتور نانویی از وزن کمتر و میزان سختی بسیار بیشتری نسبت به دو محصول کلکتور غیرنانویی دیگر (فولادی و برنجی) برخوردار است که این مزیت می‌تواند به‌عنوان نقطه عطفی برای کلکتور نانویی محسوب شود و این نوع کلکتور را در برابر شرایط محیطی مختلف مانند مقاومت در برابر خوردگی و سایش بسیار بالا، مقاوم کند.

در جدول ۲ لیست قیمت دو محصول کلکتور نانویی و غیرنانویی (فولادی و برنجی) ذکر شده است که از اطلاعات آن می‌توان به‌عنوان مقایسه‌ای از نوع هزینه_فایده برای دو نوع کلکتور معمولی و کلکتور بر پایهٔ نانوذرات استفاده کرد.

جدول ۲- فرضیات تحلیل هزینه فایده

نوع	قیمت (تومان)
قیمت کلکتور نانویی	۵۱۷,۸۰۰
قیمت کلکتور غیرنانویی (فولادی)	۲۰,۰۰۰,۰۰۰
قیمت کلکتور غیرنانویی (برنجی)	۴۵۵,۳۰۰

همچنین در جدول ۳ و ۴ به بررسی هزینه_فایده استفاده از دو نوع از کلکتور نانویی و غیرنانویی (برنجی و فولادی) پرداخته شده است که شامل اطلاعاتی از قبیل قیمت، میانگین عمر مفید و میزان درصد حجمی بهینه‌شده این دو نوع محصول است. طبق جدول‌های ۳ و ۴ می‌توان دریافت که هزینه صرفه‌جویی‌شده در صورت استفاده از کلکتور نانویی قابل‌ملاحظه بوده و بنابراین استفاده از این نوع کلکتورها توجیه اقتصادی دارد. همچنین برای انجام مقایسهٔ کلکتورها جهت تعیین میزان عمر مفید هر نوع از آن‌ها، شرایط یکسان و نسبتاً خاصی اعم از فشار ۱۵ بار، دمای ۱۰۰ °C و pH=۵ (که یک pH اسیدی و خورنده است و می‌تواند سبب خوردگی کلکتور شود) را در نظر گرفته‌ایم تا عمر مفید آن‌ها تحت این شرایط بررسی شود.

فرمول درصد حجمی بهینه شده برابر است با:

$$P_i=\frac{\sum c_w-\sum c_n}{\sum c_n}\times 100 \qquad (1)$$

P_i: درصد حجمی بهینه شده در استفاده از کلکتور نانویی؛

c_w: هزینه موارد با فناوری نانو؛

c_n: هزینه موارد بدون فناوری نانو.

به‌عنوان‌مثال درصد حجمی بهینه‌شده قیمت دو کلکتور نانویی و غیرنانویی (فولادی) به روش زیر محاسبه می‌شود:

$$P_i=\frac{517{,}800-20{,}000{,}000}{20{,}000{,}000}\times 100=-3762{,}4\% \qquad (2)$$

جدول ۳- بررسی هزینه ـ فایده استفاده از کلکتورهای نانوساختار و غیرنانوساختار (برنجی) (P=۱۵ bar, T=۱۰۰°C, pH=۵)

	تعداد	قیمت کل (تومان)	میانگین عمر مفید (سال)	درصد حجمی بهینه‌شده خرید کلکتور	درصد حجمی بهینه‌شده عمر مفید
کلکتور نانوساختار	۱	۵۱۷,۸۰۰	۱۰	+۱۳,۷۲٪	+۲۵٪
کلکتور غیرنانوساختار (برنجی)	۱	۴۵۵,۳۰۰	۷,۵		
اختلاف قیمت و عمر مفید				۶۲,۵۰۰ تومان	۲,۵ سال

جدول ۴- بررسی هزینه ـ فایده استفاده از کلکتورهای نانوساختار و غیرنانوساختار (فولادی) (P=۱۵ bar, T=۱۰۰°C, pH=۵)

	تعداد	قیمت کل (تومان)	میانگین عمر مفید (سال)	درصد حجمی بهینه‌شده خرید کلکتور	درصد حجمی بهینه‌شده عمر مفید
کلکتور نانوساختار	۱	۵۱۷,۸۰۰	۱۰	-۳۷۶۲,۴٪	-۲۰٪
کلکتور غیرنانوساختار (فولادی)	۱	۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۲,۵		
اختلاف قیمت و عمر مفید				۱۹,۴۸۲,۲۰۰ تومان	۲,۵ سال

همان‌طور که از جدول ۳ پیداست، کلکتورهای نانویی اختلاف قیمتی تقریباً معادل ۱۳,۷۲٪+ با کلکتورهای برنجی دارند و از این حیث حدوداً ۶۲,۵۰۰ تومان به ازای هر کلکتور شش‌انشعابه گران‌تر از نوع برنجی هستند، اما از طرفی کارایی و عمر مفید هر کلکتور نانویی، به‌طور متوسط بیش از ۲۵٪ نسبت به کلکتور برنجی است که اگر برای یک بازه پنجاه‌ساله در یک ساختمان بخواهیم از ۱ کلکتور تحت شرایط خاص و ویژه موجود در جدول ۳ یعنی pH= ۵، T=۱۰۰ °C، P=۱۵ bar استفاده کنیم، کلکتور غیرنانویی (برنجی) ۶,۷ بار بایستی تعویض شود، درحالی که کلکتور نانویی تنها ۵ بار بایستی تعویض شود که نشان‌دهنده ۱,۷ بار صرفه‌جویی در خرید کلکتور یا به‌عبارتی بهتر صرفه‌جویی ۲۵ درصدی در خرید همان ۱ نوع کلکتور مطابق با رابطه زیر است:

$$\text{تفاوت تعداد تعویض کلکتور نانویی و غیرنانویی} = \frac{۵-۶,۷}{۶,۷} \times ۱۰۰ = -۲۵٪ \quad (۳)$$

(۴) هزینه یک نوع کلکتور نانویی برای مدت ۵۰ سال = ۵×۵۱۷,۸۰۰=۲,۵۸۹,۰۰۰

(۵) هزینه یک نوع کلکتور غیرنانویی برای مدت ۵۰ سال = ۶,۷×۴۵۵,۳۰۰=۳,۰۵۰,۰۰۰

این بدین معنی است که اگر یک ساختمان بیست‌طبقه‌ای دارای ۶ واحد باشد و در هر واحد حداقل از ۱ عدد کلکتور طبق شرایط خاص نام‌برده‌شده (که در واقع یک نوع شرایط کاری نسبتاً سخت محسوب می‌شود) استفاده شده باشد و عمر مفید این ساختمان را حدوداً ۵۰ سال در نظر بگیریم، در صورت استفاده از کلکتور نانویی به‌جای کلکتور غیرنانویی (برنجی) مطابق با رابطه ۸ در زیر، تنها برای این ساختمان به میزان ۵۵,۳۸۱,۲۰۰ تومان (به ارزش پول امروز)، صرفه‌جویی ارزی شده است:

(۶) C_1= ۲۰×۶×۵×۵۱۷,۸۰۰=۳۱۰,۶۸۰,۰۰۰

(۷) C_2= ۲۰×۶×۶,۷×۴۵۵,۳۰۰=۳۶۶,۰۶۱,۰۰۰

(۸) ΔC= ۳۶۶,۰۶۱,۰۰۰−۳۱۰,۶۸۰,۰۰۰=۵۵,۳۸۱,۲۰۰

C_1 = هزینه کلکتور نانویی برای یک ساختمان بیست‌طبقه و دارای ۶ واحد به مدت ۵۰ سال

C_2 = هزینه کلکتور غیرنانویی (برنجی) برای یک ساختمان بیست‌طبقه و دارای ۶ واحد به مدت ۵۰ سال

ΔC= تفاوت هزینه کلکتور غیرنانویی (برنجی) و نانویی برای یک ساختمان بیست‌طبقه و دارای ۶ واحد به مدت ۵۰ سال

این رقم بدین معنی است که اگر فرض کنیم قیمت هر لامپ مهتابی ۲۰ وات کم‌مصرف جهت روشنایی یک اتاق را معادل ۵۰,۰۰۰ تومان در نظر بگیریم، به ازای استفاده از مابه‌التفاوت اختلاف قیمت کلکتورهای نانویی با کلکتورهای غیرنانویی (برنجی) می‌توان تعداد ۱۱۰۷ عدد از این نوع لامپ‌ها را برای روشنایی و استفاده در همان ساختمان مطابق با رابطه زیر خرید و به کار برد:

(۹) تعداد لامپ مهتابی ۲۰ وات خریداری‌شده = ۵۵,۳۸۱,۲۰۰ ÷ ۵۰,۰۰۰ =۱۱۰۷

از طرفی مطابق با جدول ۴ در مقایسه با کلکتورهای فولادی، اگرچه عمر مفید کلکتورهای غیرنانویی (فولادی) در بازه حدودی ۱۵-۱۰ سال است و به‌صورت میانگین ۲۵٪ بیش از کلکتورهای نانویی عمر مفید دارند اما به ازای همان ۵۰ سال عمر مفید یک ساختمان، کلکتور غیرنانویی (فولادی) ۴ بار و کلکتور نانویی ۵ بار بایستی تعویض شود، درحالی‌که کلکتورهای نانویی تفاوت قیمتی به میزان ۳۷ برابر (۳۷۶۲,۴٪-) کمتر از کلکتورهای غیرنانویی (فولادی) دارند که از لحاظ اقتصادی به‌هیچ‌عنوان صرفه اقتصادی ندارند، به‌نحوی که برای همان ساختمان بیست‌طبقه که در هر طبقه آن ۶ واحد موجود است، مطابق با رابطه زیر به میزان ۹,۲۸۹,۳۲۰,۰۰۰ تومان صرفه‌جویی ارزی حاصل می‌شود، ضمن آنکه از لحاظ وزنی نیز هر کلکتور نانویی حدوداً ۴۰ برابر سبک‌تر از هر کلکتور فولادی است:

(۱۰) C_1= ۲۰×۶×۵×۵۱۷,۸۰۰=۳۱۰,۶۸۰,۰۰۰

C_2= ۲۰×۶×۴×۲۰,۰۰۰,۰۰۰=۹,۶۰۰,۰۰۰,۰۰۰ (۱۱)

ΔC= ۹,۶۰۰,۰۰۰,۰۰۰-۳۱۰,۶۸۰,۰۰۰=۹,۲۸۹,۳۲۰,۰۰۰ (۱۲)

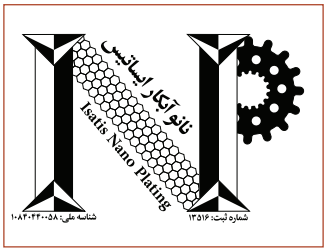
C_1 = هزینه کلکتور نانویی برای یک ساختمان بیست‌طبقه و دارای ۶ واحد به مدت ۵۰ سال

C_2 = هزینه کلکتور غیرنانویی (فولادی) برای یک ساختمان بیست‌طبقه و دارای ۶ واحد به مدت ۵۰ سال

ΔC= تفاوت هزینه کلکتور غیرنانویی (فولادی) و نانویی برای یک ساختمان بیست‌طبقه و دارای ۶ واحد به مدت ۵۰ سال

همچنین در صورت استفاده از مابه‌التفاوت اختلاف قیمت کلکتورهای نانویی با کلکتورهای غیرنانویی (فولادی) می‌توان تعداد ۱۸۵,۷۸۶عدد از این نوع لامپ‌ها را برای روشنایی و استفاده در همان ساختمان مطابق با رابطه ۱۳ در زیر خرید و به کار برد:

۱۸۵,۷۸۶= ۵۰,۰۰۰ ÷ ۹,۲۸۹,۳۲۰,۰۰۰ = تعداد لامپ مهتابی ۲۰ وات خریداری‌شده (۱۳)



شرکت ایرانی تولیدکننده کلکتورهای نانویی

شرکت نانو آبکار ایساتیس

نشانی: استان یزد، شهر یزد، بلوار دانشجو، خیابان تعاون، پارک علم و فناوری یزد، واحد ۱۸۷

تلفن: ۰۳۵۳۵۲۶۹۵۶۸

رایانامه: Hodanasirizade@yahoo.com

وب‌گاه: www.nanoal.ir

پی‌نوشت

۱ قیمت‌ها مربوط به دی‌ماه سال ۱۴۰۲ است

منابع

۱ Gilbert Kaufman, Aluminum alloy castings: properties, processes, and applications. 2004.

۲ Gilbert Kaufman, Aluminum Alloys for Packaging, Container, and Automotive Applications.

۳ Albano Cavaleiro, Nanostructured coatings. 2007.

۴ Amanda Sturgeon, Materials for Sustainable Sites: A Complete Guide to the Evaluation, Selection, and Use of Sustainable Construction Materials.

۵ M. F. K. Jomova, "Arsenic: toxicity, oxidative stress and human disease," Appl. Toxicol., 2011, doi: https://doi.org/10.1002/jat.1649.

۶ M Aliofkhazraei, Developments in Corrosion Protection. 2014.

۷ R. H. Doremus, "Alumina," Ceram. Glas. Mater. Struct. Prop. Process., pp. 1–26, 2008, doi: 10.1007/978-0-387-73362-3_1/COVER.

۸ Anagnostis I. Toulfatzis, "Final Heat Treatment as a Possible Solution for the Improvement of Machinability of Pb-Free Brass Alloys," Metals (Basel)., 2018, doi: https://doi.org/10.3390/met8080575.

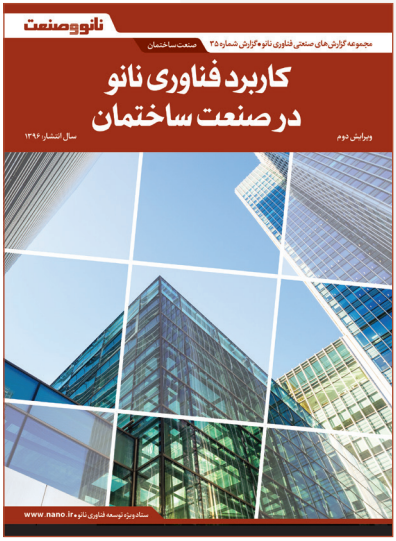
۹ J. Both, "The modern era of aluminum electrolytic capacitors," IEEE Electr. Insul. Mag., vol. 31, no. 4, pp. 24–33, 2015, doi: 10.1109/MEI.2015.7126071.

۱۰ L. R. Krishna, A. S. Purnima, and G. Sundararajan, "A comparative study of tribological behavior of microarc oxidation and hard-anodized coatings," Wear, vol. 261, no. 10, pp. 1095–1101, Nov. 2006, doi: 10.1016/J.WEAR.2006.02.002.

۱۱ E. Mrema, Y. Itoh, A. Kaneko, and M. Hirohata, "Corrosion of aluminium alloy A6061-T6 members embedded in alkaline materials," Corros. Eng. Sci. Technol., vol. 53, no. 2, pp. 102–113, Feb. 2018, doi: 10.1080/1478422X.2017.1402499.

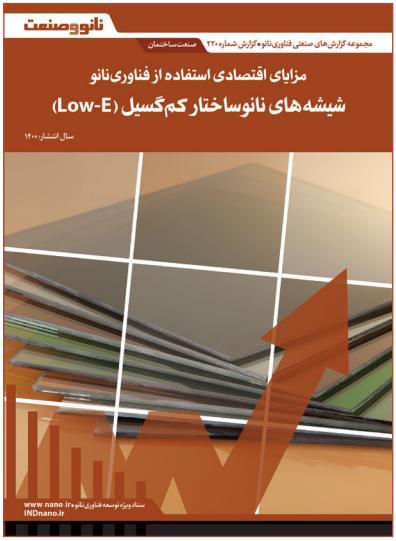
از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو در صنعت ساختمان منتشر شده است

■ «ساخت زمینی سخت» برای بنادر، فرودگاه‌ها و راه‌آهن‌ها



■ کاربردهای فناوری نانو در صنعت ساختمان

■ کاربرد نانولایه‌نشانی PVD در تولید صنعتی نانوپوشش‌های تزیینی



■ شیشه‌های نانوساختار کم‌گسیل (LOW-E)