

مزایای اقتصادی استفاده از فناوری نانو در صنعت چسب سنگ



شناسنامه

ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

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

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

فهرست مطالب

معرفی.....	۳
مزایا.....	۵
تحلیل هزینه-فایده استفاده از چسب سنگ های نانویی.....	۶
شرکت ایرانی تولیدکننده چسب سنگ دوجزئی نانویی.....	۱۰
پی نوشت.....	۱۰
منابع.....	۱۰

معرفی

چسب‌های سنگ دوجزئی از جمله ترکیبات پیشرفته‌ای هستند که به‌طور خاص برای چسباندن انواع سنگ‌های ساختمانی به مواد مختلف طراحی شده‌اند. این چسب‌ها معمولاً از دو جزء تشکیل می‌شوند: یک بخش رزینی و یک بخش سخت‌کننده [۱]. زمانی که این دو جزء به نسبت مشخص ترکیب شوند، واکنش‌های شیمیایی به وقوع می‌پیوندد که منجر به سخت شدن و ایجاد یک ترکیب مستحکم می‌شود. علت استفاده از چسب سنگ، نیاز به اتصال قوی و پایدار سنگ‌ها به سطوح مختلف در پروژه‌های ساختمانی است، چراکه این چسب‌ها به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی عالی خود، قابلیت چسباندن سنگ به سطوح مختلفی چون بتن، آهن و چوب را دارند و می‌توانند در برابر تغییرات دما، رطوبت و فشارهای مکانیکی مقاوم باشند [۲]. این ویژگی‌ها به معماران و سازندگان این امکان را می‌دهد که در طراحی و ساخت سازه‌ها از مواد سنگی با اطمینان بیشتری استفاده کنند. چسب‌های سنگی دوجزئی به‌طور گسترده در صنعت ساختمان و معماری استفاده می‌شوند. برخی از کاربردهای آن‌ها شامل:

- **نصب سنگ‌های ساختمانی:** این چسب‌ها برای چسباندن سنگ‌های نما، کف و دیوار داخلی استفاده می‌شوند، و نگهداری سنگ در برابر شرایط جوی و تغییرات دما را تضمین می‌کنند.
- **تعمیرات و بازسازی:** در پروژه‌های مرمت تاریخی یا تعمیرات ساختمان‌های قدیمی، از این نوع چسب‌ها به‌عنوان یک راه‌حل مؤثر برای اتصال سنگ‌های آسیب‌دیده یا شکست خورده استفاده می‌شود.
- **چسباندن سنگ به فلز:** در صنایع مختلف که نیاز به اتصال سنگ به فلز وجود دارد، چسب‌های دوجزئی به‌عنوان یک گزینه ایدئال برای ارائه اتصالات قوی و با دوام در مواقعی که تخریب سطحی یا زنگ‌زدگی در کار است، مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- **استفاده در ساخت‌وساز:** این چسب‌ها در تولید مصنوعات سنگی مانند جدول‌ها، سنگ‌های تزئینی و دکوراسیون داخلی نیز کاربرد دارند.
- **ترمیم ترک‌ها و شکستگی‌ها:** چسب سنگ دوجزئی بر پایه اپوکسی می‌تواند به‌عنوان راه‌حلی مؤثر برای تعمیر ترک‌ها و شکستگی‌های موجود بر روی سطوح سنگی استفاده شود. این چسب قابلیت اتصال دائمی و قدرتمند قطعات سنگ را فراهم می‌آورد و فرایند تعمیر را آسان می‌کند. همچنین این چسب برای انواع سنگ‌ها از جمله مرمر، گرانیت و تراورتن قابل استفاده است.

چسب‌های سنگ قدیمی‌تر به دلیل محدودیت‌های موجود در خواص مکانیکی خود، چالش‌های بسیاری را در هنگام استفاده به همراه داشتند. یکی از معایب اصلی این چسب‌ها، تحمل نسبتاً پایین تنش آن‌ها بود که به معنای نداشتن خواص مقاومتی مطلوب در برابر انواع تنش‌های مکانیکی وارده به‌ویژه در شرایط متغیر آب‌وهوایی است [۳]. این کمبود مقاومت در برابر تنش‌ها باعث می‌شود که چسب‌های قدیمی به راحتی دچار شکست شوند و نتوانند فشارهای وارده را به‌طور مؤثر تحمل کنند. همچنین حساسیت به دما و رطوبت یکی دیگر از مشکلات اصلی بود، به‌طوری‌که بسیاری از این چسب‌ها با تغییرات دما و رطوبت، خاصیت خود را از دست داده و دچار شکست می‌شدند.

علاوه بر این چسب‌های قدیمی معمولاً به هنگام وارد شدن فشار و خمش به آن‌ها دچار ضعف بودند، به‌گونه‌ای

که نمی‌توانستند فشار و خمش‌های بالایی را تحمل کنند. این ضعف منجر به شکست‌های زودرس و نفوذ رطوبت به نقاط چسب‌زنی می‌شد که در نهایت کیفیت و استحکام سازه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌داد. با پیشرفت‌های انجام شده در زمینه فناوری نانو، فرصت‌هایی نوین برای بهبود خواص چسب‌های سنگ دوجزئی فراهم آمده است. افزودن نانوذرات به فرمولاسیون این چسب‌ها می‌تواند به‌طور محسوس و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها را ارتقا بخشد [۴]. نانوذرات مانند نانوسیلیس و نانوکلسیم می‌توانند به بهبود پیوستگی چسب و افزایش مقاومت در برابر شکست کمک کنند و در نتیجه استحکام کششی و فشاری چسب‌های جدید به میزان قابل توجهی افزایش یابد [۵].

نانوذرات به دلیل اندازه کوچک و نسبت بالای سطح به حجم، ویژگی‌های خاصی از خود نشان می‌دهند که می‌توانند بهبودهای قابل توجهی در خواص مواد به ارمغان آورند [۶]. نانوذرات به‌طور گسترده‌ای بر خواص چسب‌های سنگ دوجزئی تأثیر می‌گذارند و باعث بهبود ویژگی‌های آن‌ها می‌شوند. یکی از مهم‌ترین مزایای نانوذرات، افزایش مقاومت در برابر تنش است [۵]. این نانوذرات به‌عنوان تقویت‌کننده‌های ساختاری عمل کرده و با ایجاد پیوندهای قوی‌تر در شبکه چسب، استحکام کششی و فشاری را افزایش می‌دهند [۷]. این پیوندهای بین‌ذره‌ای در مقیاس نانو، توزیع تنش بهتر در ماده را ممکن می‌سازد و مانع از خرابی زودرس می‌شود. علاوه بر این نانوذرات می‌توانند به کاهش نفوذپذیری چسب کمک کنند. وقتی که نانوذرات به چسب اضافه می‌شوند، ساختارهای متراکم و غیرقابل نفوذی ایجاد می‌کنند که مانع از ورود رطوبت و سایر مواد مضر به داخل چسب می‌شوند [۸]. این خاصیت به‌ویژه در محیط‌های مرطوب اهمیت دارد.

نانوذرات همچنین می‌توانند مقاومت حرارتی چسب را بهبود بخشند. نمونه‌هایی از نانوذرات مانند نانوسیلیکون دی‌اکسید و نانوالومینا، دارای خواص حرارتی خوبی هستند و می‌توانند شبکه‌های حرارتی را در چسب تشکیل دهند که از تغییرات ساختاری در دماهای بالا جلوگیری کرده و استحکام چسب را حفظ می‌کنند [۹]. در زمینه مقاومت در برابر UV، نانوذرات با جذب و پراکنده کردن اشعه‌های UV می‌توانند از تخریب و تجزیه چسب در معرض نور خورشید جلوگیری کنند [۱۰]. این ویژگی به‌ویژه برای کاربردهای بیرونی اهمیت دارد، زیرا نور UV می‌تواند به تدریج ساختار پلیمرها را تضعیف کند.

همچنین نانوذرات به دلیل سطح بالای ویژگی چسبندگی خود، می‌توانند به شکل بهتری با سطوح مختلف (مانند سنگ، سرامیک و فلز) پیوند برقرار کنند و این امر به افزایش دوام و استحکام پیوند کمک می‌کند [۶]. نانوذرات همچنین بر پایداری شیمیایی چسب تأثیر می‌گذارند و می‌توانند واکنش‌های نامطلوب شیمیایی را کاهش دهند و از آسیب دیدن مواد در شرایط محیطی مختلف جلوگیری کنند [۱۱].

نانوذرات می‌توانند ساختار میکروسکوپی چسب را بهبود بخشیده و توزیع مولکول‌ها را در داخل ماتریس چسب تغییر دهند [۱۲]. این تأثیر می‌تواند باعث توزیع بهینه‌تر تنش‌ها و بهبود خواص مکانیکی شود. به‌طور کلی استفاده از نانوذرات در فرمولاسیون چسب‌های سنگ دوجزئی، موجب ایجاد شبکه‌ای مقاوم‌تر می‌شود که توانایی تحمل فشار، دما، رطوبت و نور UV را افزایش می‌دهد و به این ترتیب، کارایی و دوام این نوع چسب‌ها را به شکل قابل توجهی بهبود می‌بخشد و به نوعی یک انقلاب در صنعت ساخت‌وساز به شمار می‌آید که تأثیرات مثبت و قابل توجهی بر عملکرد و دوام سازه‌ها دارد.



شکل ۱- تصویر چسب سنگ دوجزئی

مزایا

از بارزترین نکات مثبت استفاده از نانوذرات در چسب سنگ عبارت‌اند از:

■ افزایش مقاومت در برابر تنش

نانوذرات می‌توانند به عنوان تقویت‌کننده‌های ساختاری عمل کنند و با ایجاد پیوندهای قوی‌تر در یک شبکه چسب، استحکام کششی و فشاری را افزایش دهند [۵]. این پیوندهای بین‌ذره‌ای در مقیاس نانو، به توزیع تنش بهتر در ماده کمک می‌کند و مانع از خرابی زودرس می‌شود.

■ کاهش نفوذپذیری

نانوذرات می‌توانند به کاهش نفوذپذیری چسب کمک کنند. هنگامی که نانوذرات به چسب اضافه می‌شوند، این نانوذرات با ایجاد ساختارهای متراکم و غیرقابل نفوذ، مانع از ورود رطوبت و سایر مواد مضر به داخل چسب می‌شوند [۸].

■ بهبود مقاومت حرارتی

برخی از نانوذرات مانند دی‌اکسید سیلیکون و آلومینا دارای خواص حرارتی خوبی هستند. این مواد می‌توانند شبکه‌های حرارتی را در چسب تشکیل دهند که از تغییرات ساختاری در دماهای بالا جلوگیری کرده و استحکام چسب را حفظ می‌کنند [۹].

■ خواص ضد UV

نانوذرات می‌توانند با جذب و پراکنده کردن اشعه‌های UV، از تخریب و تجزیه چسب در معرض نور خورشید جلوگیری کنند [۱۰]. این خاصیت به‌ویژه برای کاربردهای بیرونی بسیار مهم است، زیرا نور UV می‌تواند به تدریج ساختار پلیمرها را تضعیف کند.

■ افزایش چسبندگی

نانوذرات به دلیل سطح بالای خاصیت چسبندگی خود می‌توانند به شکل بهتری با سطوح مختلف (مانند سنگ، سرامیک و فلز) پیوند برقرار کنند [۷]. این امر می‌تواند به افزایش دوام و استحکام پیوند کمک کند.

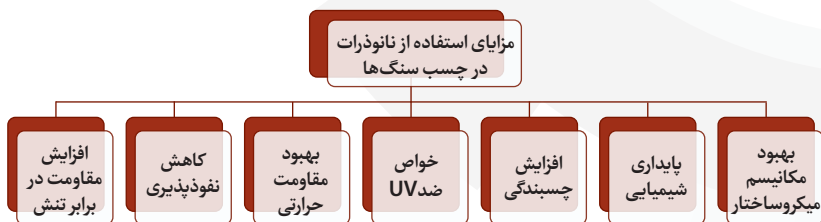
■ پایداری شیمیایی

نانوذرات می توانند ویژگی های شیمیایی و پایداری چسب را تحت تأثیر قرار دهند. در واقع نانوذرات می توانند واکنش های نامطلوب شیمیایی را کاهش دهند و از آسیب دیدن مواد در شرایط محیطی مختلف جلوگیری کنند [۱۱].

■ مکانیسم های بهبود میکروساختار

نانوذرات ممکن است ساختار میکروسکوپی چسب را بهبود بخشیده و شیوه توزیع مولکول ها را در داخل ماتریس (زمینه کامپوزیتی) چسب تغییر دهند [۱۲]. این تأثیر می تواند باعث توزیع بهینه تر تنش ها و بهبود خواص مکانیکی شود.

به طور کلی استفاده از نانوذرات در فرمولاسیون چسب های سنگ دوجزئی موجب ایجاد یک شبکه مقاوم تری می شود که توانایی تحمل آن را در برابر عواملی مانند فشار، دما، رطوبت و نور UV افزایش می دهد و به این ترتیب موجب بهبود کارایی و دوام این نوع چسب ها می شود.



▲ شکل ۲- مزایای استفاده از نانوذرات در چسب سنگ

تحلیل هزینه-فایده استفاده از چسب سنگ های نانویی

در جدول ۱ به مقایسه دو نوع چسب سنگ نانویی و غیرنانویی دوجزئی بر پایه اپوکسی موجود در بازار پرداخته شده است که تمامی مشخصات موجود در آن، در طی تماس با واحد فروش هر شرکت به دست آمده و ذکر شده اند.

▼ جدول ۱- مشخصات دو نوع چسب سنگ نانویی و غیر نانویی

ردیف	نوع چسب سنگ	پایه و نوع چسب سنگ	زمان کاری (دقیقه)	حد اقل زمان گیرایی در ۲۵ °C (ساعت)	گیرایی کامل در ۲۵ °C (روز)	مقاومت کششی (مگا پاسکال)	مقاومت فشاری (مگا پاسکال)	مقاومت خمشی (مگا پاسکال)	میزان مصرف به ازای هر متر مربع (بسته ۴ کیلوگرمی)
۱	چسب سنگ نانویی	اپوکسی	۱۵	۱۲	۳	۲۵	۱۲۰	۱۷	۱۰
۲	چسب سنگ غیرنانویی	اپوکسی	۴۵	۱۲	۴	۲۵	۸۰	۱۵	۱۰

مطابق با جدول ۱، زمان کارایی که بیانگر مدت زمانی است که یک ماده یا سیستم می تواند عملکرد بهینه خود را حفظ کند، برای چسب سنگ نانویی ۱۵ دقیقه و برای چسب سنگ غیرنانویی ۴۵ دقیقه است. این تفاوت نشان دهنده سرعت عمل بالای چسب سنگ نانویی نسبت به مدل غیرنانویی است، به طوری که زمان کارایی چسب نانویی فقط یک سوم زمان کارایی چسب غیرنانویی است. همچنین حداقل زمان گیرایی در دمای 25°C که به مدت زمان مورد نیاز برای ایجاد یک اتصال اولیه و چسبندگی بین سطوح در دمای 25°C اشاره دارد، برای هر دو نوع چسب برابر است که نشان دهنده ویژگی های مشابه در مراحل اولیه چسبندگی آن هاست.

از طرفی مطابق با جدول ۱، گیرایی کامل که نشان دهنده مدت زمانی است که در آن یک چسب به حداکثر چسبندگی و استحکام خود می رسد، برای چسب سنگ نانویی در دمای 25°C (دمای محیط) ۳ روز و برای چسب سنگ غیرنانویی در همان دما ۴ روز است، که به طور قابل توجهی چسب سنگ نانویی یک روز زودتر از چسب سنگ غیرنانویی در دمای 25°C به این مرحله دست می یابد. این نکته بار دیگر نشان دهنده سرعت عمل بالای چسب نانویی در مقایسه با نوع غیرنانویی است.

مطابق با جدول ۱، مقاومت کششی که بیانگر میزان نیروی کششی مورد نیاز برای جداسازی دو قسمت چسب خورده را نشان می دهد، برای هر دو مدل چسب سنگ نانویی و غیرنانویی دارای مقدار یکسانی به میزان ۲۵ مگاپاسکال است که نشان دهنده عملکرد مشابه آن ها در برابر نیروهای کششی است. همچنین مطابق با جدول ۱، مقاومت فشاری که قابلیت تحمل ماده در برابر فشارهای خارجی را بیان می کند، برای چسب سنگ نانویی و غیرنانویی به ترتیب ۱۲۰ و ۸۰ مگاپاسکال است که چسب سنگ نانویی دارای مقاومت فشاری ۴۰ مگاپاسکال بیشتر نسبت به چسب سنگ غیرنانویی است. این افزایش در مقاومت فشاری نشان دهنده کیفیت برجسته تر چسب سنگ نانویی است. از سوی دیگر، مقاومت خمشی که به تحمل ماده در برابر نیروهای خمشی اشاره دارد، برای چسب سنگ نانویی و غیرنانویی به ترتیب ۱۷ و ۱۵ مگاپاسکال است که چسب سنگ نانویی به میزان ۲ مگاپاسکال مقاومت خمشی بیشتری نسبت به نوع غیرنانویی دارد. این ویژگی به وضوح نشان دهنده برتری مکانیکی چسب سنگ نانویی در مقایسه با نوع غیرنانویی است.

در انتها نیز مطابق با جدول ۱، می توان گفت مصرف ۴ کیلوگرم از هر دو نوع سنگ، به طور میانگین مساحتی تقریباً معادل ۱۰ مترمربع از سنگ را پوشش می دهند.

در جدول ۲، لیست قیمت دو محصول چسب سنگ نانویی و غیرنانویی دوجزئی به ازای یک بسته ۴ کیلوگرمی از هر محصول ذکر شده است که از اطلاعات آن می توان به عنوان مقایسه ای از نوع هزینه فایده برای دو نوع چسب سنگ معمولی و چسب سنگ تولید شده بر پایه نانوذرات استفاده کرد.

جدول ۲- فرضیات تحلیل هزینه فایده

نوع	قیمت یک بسته ۴ کیلوگرمی (تومان)
چسب سنگ نانویی	۲,۰۰۰,۰۰۰
چسب سنگ غیرنانویی	۵,۴۱۲,۰۰۰

در جدول ۳ نیز به بررسی هزینه-فایده استفاده از دو نوع از چسب سنگ دوجزئی نانویی و غیرنانویی پرداخته شده است که شامل اطلاعاتی از قبیل قیمت، میانگین عمر مفید و میزان درصد حجمی بهینه شده این دو نوع محصول است. همچنین برای مقایسه میزان عمر مفید و قیمت هر یک از چسب‌های سنگ دوجزئی نانویی و غیرنانویی، از رابطه درصد حجمی زیر استفاده می‌شود.

فرمول درصد حجمی بهینه شده برابر است با:

$$P_i = \frac{\sum C_W - \sum C_n}{\sum C_W} \times 100 \quad (1)$$

P_i : درصد حجمی بهینه شده در صورت استفاده از چسب سنگ دوجزئی نانویی؛

C_W : هزینه موارد با فناوری نانو؛

C_n : هزینه موارد بدون فناوری نانو.

به عنوان مثال، درصد حجمی بهینه شده خرید دو نوع چسب سنگ دوجزئی نانویی و غیرنانویی به روش زیر محاسبه می‌شود:

$$P_i = \frac{2,000,000 - 5,412,000}{2,000,000} \times 100 = -170,6\% \quad (2)$$

جدول ۳- بررسی هزینه - فایده استفاده از چسب سنگ‌های نانوساختار و غیرنانوساختار

نوع چسب	وزن (کیلوگرم)	قیمت کل (تومان)	میانگین عمر مفید (سال)	درصد حجمی بهینه شده	
				خرید چسب سنگ	عمر مفید
چسب سنگ نانوساختار	۴	۲,۰۰۰,۰۰۰	۲	-۱۷۰,۶٪	۱۰۰٪
چسب سنگ غیرنانوساختار	۴	۵,۴۱۲,۰۰۰	۱		
اختلاف قیمت و عمر مفید				۳,۴۱۲,۰۰۰ تومان	۱ سال

همانطور که از جدول ۳ پیداست، کارایی و عمر مفید (مدت انقضا) چسب سنگ دوجزئی نانویی، به‌طور متوسط ۱۰۰ درصد بیشتر از چسب سنگ دوجزئی غیرنانویی است که نشان از پایداری بیشتر چسب سنگ نانویی دارد و می‌تواند یک فاکتور تعیین‌کننده در انتخاب آن به حساب آید.

از طرفی چسب سنگ دوجزئی نانویی اختلاف قیمت چشمگیری در مقایسه با چسب سنگ دوجزئی غیرنانویی دارد، به نحوی که به ازای هر بسته ۴ کیلوگرمی از هر کدام، اختلاف قیمتی معادل ۳,۴۱۲,۰۰۰ تومان (-۱۷۰,۶٪) دارند که به نوبه خود یکی از بارزترین شاخص‌های مفید چسب سنگ دوجزئی نانویی در مقابل چسب سنگ‌های دوجزئی غیرنانویی به شمار می‌رود. حال اگر خواهان سنگ کاری فضای بیرونی یک خانه به مساحت ۱۰۰ مترمربع باشیم، از آنجا که هر بسته ۴ کیلوگرمی از هر دو چسب سنگ نانویی و غیرنانویی مساحتی معادل ۱۰ مترمربع را می‌توانند چسب کاری کنند، مطابق با روابطی که در ادامه درج شده‌اند، می‌توان قیمت تمام شده هر سنگ را محاسبه کرد. این بدین معنی است که به ازای هر ۱۰۰ مترمربع سنگ کاری نمای بیرونی یک ساختمان، در صورت استفاده از

$$(۳) \quad ۱۰ = \frac{۱۰۰}{۱۰} = \text{تعداد بسته ۴ کیلوگرمی چسب سنگ مورد نیاز به ازای ۱۰۰ مترمربع}$$

$$(۴) \quad ۲۰,۰۰۰,۰۰۰ = ۱۰ \times ۲,۰۰۰,۰۰۰ = \text{هزینه تمام شده چسب سنگ نانویی به ازای ۱۰۰ مترمربع}$$

$$(۵) \quad ۵۴,۱۲۰,۰۰۰ = ۱۰ \times ۵,۴۱۲,۰۰۰ = \text{هزینه تمام شده چسب سنگ غیرنانویی به ازای ۱۰۰ مترمربع}$$

چسب سنگ نانویی به جای چسب سنگ غیرنانویی، به میزان ۳۴,۱۲۰,۰۰۰ تومان (به ارزش پول امروز) مطابق با رابطه زیر، صرفه جویی ارزی در خرید چسب سنگ برای مصرف کننده صورت گرفته است:

$$(۶) \quad C_1 = ۱۰ \times ۲,۰۰۰,۰۰۰ = ۲۰,۰۰۰,۰۰۰$$

$$(۷) \quad C_2 = ۱۰ \times ۵,۴۱۲,۰۰۰ = ۵۴,۱۲۰,۰۰۰$$

$$(۸) \quad \Delta C = ۵۴,۱۲۰,۰۰۰ - ۲۰,۰۰۰,۰۰۰ = ۳۴,۱۲۰,۰۰۰$$

C_1 = هزینه چسب سنگ نانویی به ازای ۱۰۰ مترمربع سنگ کاری فضای بیرونی یک ساختمان؛
 C_2 = هزینه چسب سنگ غیرنانویی به ازای ۱۰۰ مترمربع سنگ کاری فضای بیرونی یک ساختمان؛
 ΔC = تفاوت هزینه چسب سنگ غیرنانویی و نانویی به ازای ۱۰۰ مترمربع سنگ کاری فضای بیرونی یک ساختمان.

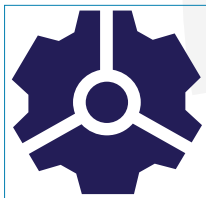
حال اگر براساس آمارهای سال ۱۳۹۵، تعداد واحدهای مسکونی کل کشور را حدود ۲۹ میلیون واحد در نظر بگیریم و متراژ ۱۰۰ مترمربعی را به طور میانگین برای هر واحد مسکونی در نظر بگیریم، با فرض اینکه تنها یک چهارم از این تعداد منزل قصد ناکاری با استفاده از سنگ را داشته باشند، در صورت استفاده از چسب سنگ نانویی به جای سایر انواع دیگر می توان میزان صرفه جویی ارزی (برحسب تومان) حاصل از استفاده از این نوع چسب سنگ های نانویی را به شرح زیر محاسبه کرد [۱۳]:

$$(۹) \quad ۲۴۷,۳۷۰,۰۰۰,۰۰۰ = ۲۹,۰۰۰,۰۰۰ \times (۱/۴) \times ۳۴,۱۲۰,۰۰۰ = \text{میزان تفاوت قیمت دو محصول نانویی و غیرنانویی}$$

این رقم به معنی این است که اگر فرض کنیم میانگین هزینه ساخت یک منزل مسکونی به متراژ ۱۰۰ مترمربع حدوداً ۱,۰۰۰,۰۰۰ تومان باشد، تنها با استفاده از مابه التفاوت چسب سنگ های نانویی و غیرنانویی که به ازای تمامی منازل مسکونی فعال در کشور مطابق با رابطه ۹ به دست آمده است، می توان تعداد ۲۴۷,۳۷۰ واحد مسکونی جدید ساخت و تحویل جامعه داد [۱۴]:

$$(۱۰) \quad ۲۴۷,۳۷۰ = ۲۴۷,۳۷۰,۰۰۰,۰۰۰ \div (۱,۰۰۰,۰۰۰) = \text{تعداد منزل مسکونی جدید ساخته شده}$$

شرکت ایرانی تولیدکننده چسب سنگ دوجزئی نانویی



شرکت مهندسی تکنولوژی‌های برتر فرما
نشانی: تهران، خیابان قائم مقام، خیابان سنایی، میدان هفت تیر، خیابان
شهید سرتیپ نعمت‌اله لطفی، پلاک ۳، طبقه دوم
تلفن: ۰۲۱۴۴۹۸۸۴۲۹
رایانامه: emad.sarabi@gmail.com
وبگاه: www.alvanpaint.com

پی‌نوشت

۱. قیمت‌ها مربوط به سال ۱۴۰۳ است.

منابع

۱. Wieslaw Domaslawski & Alicja Strzelczyk, "Evaluation of applicability of epoxy resins to conservation of stone historic monuments," Stud. Conserv. Stone Wall Paint., 2013, doi: <https://doi.org/10.1179/sic.1986.31.Supplement-1.126>.
۲. Antenor Braga Paraguassú, "Adhesive mortars for stone plate bonding," Bull. Eng. Geol. Environ., 2014.
۳. D. Dzhur, "Tension and shear anchorage systems for limestone structures," Constr. Build. Mater., 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121616>.
۴. K. A. Amir Ershad-Langroudi, "Application of polymer coatings and nanoparticles in consolidation and hydrophobic treatment of stone monuments," Iran. Polym. J., 2018.
۵. Laura Moretti, "Behavior Evaluation of Bituminous Mixtures Reinforced with Nano-Sized Additives: A Review," 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/su12198044>.
۶. An overview on nanoparticles used in biomedicine and their cytotoxicity," J. Drug Deliv. Sci. Technol., 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2020.102316>.
۷. R. Akid, "Effects of the addition of inorganic nanoparticles on the adhesive strength of a hybrid sol-gel epoxy system," Int. J. Adhes. Adhes., 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2010.05.002>.
۸. Farid Taheri, Applications of Nanoparticles in Adhesives. 2017.
۹. Z. Wang, Z. Gu, Y. Hong, L. Cheng, and Z. Li, "Bonding strength and water resistance of starch-based wood adhesive improved by silica nanoparticles," Carbohydr. Polym., 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.04.003>.
۱۰. K. Gültekin, "Effect of UV irradiation on epoxy adhesives and adhesively

bonded joints reinforced with BN and B4C nanoparticles,” Polym. Degrad. Stab., 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2022.110004>.

۱۸ Necati Ataberk, “The effect of Cu nanoparticle adding on to epoxy-based adhesive and adhesion properties,” Sci. Rep., 2020.

۱۹ M. Abdul Basith Fithroni “The effect of nanoparticles in improving the distribution of molecules in glue,” 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/cells11203307>.

[Online]. Available: <https://123team.ir/>. «کل خانه های ایران چند؟» ۱۳

۱۴ «راهنمای کامل هزینه ساخت خانه و آپارتمان در سال ۱۴۰۳». fooladsell.com/.

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



- کاربرد فناوری نانو در کف‌پوش‌های ساختمانی
- پوشش‌های خودتمیزشونده
- پوشش‌های آب‌گریز در مصالح ساختمانی