

بررسی کامپوزیت پنل آلومینیومی

حسین شریفی دارائی

دانشجو کارشناسی ارشد معماری

چکیده

موضوع این تحقیق و بررسی کامپوزیت پنل آلومینیومی می باشد. که دلیل این انتخاب کمتر شناخته شده بودن و جدید بودن این مصالح است. با توجه عدم آشنایی کامل استفاده کنندگان مصالح مذکور، ایراداتی در اجرای این مصالح دیده شده است. در این پژوهش سعی شده است، معایب و محاسن و نحوه اجرای این مصالح شناسایی و معرفی گردد. و عملکرد آن در کشور ایران با شرایط مختلف آب و هوایی بررسی شود. در این راستا تحقیقات کتابخانه ای، آزمایشات ساده علمی عملی، مصاحبه با یکی از وارد کنندگان و تولیدکنندگان ورق کامپوزیت صورت پذیرفته است همچنین پرسشنامه هایی در اختیار ساختمان سازان قرار گرفته است. بررسی های انجام شده در مورد این مصالح، بهره بردن از آن در ساختمانهای تجاری، اداری، صنعتی که در بافت سنتی شهرها قرار نداشته باشند. بسیار مفید و مقرون به صرفه است. ولی برای ساختمانهای مسکونی این مصالح به جزء در موارد خاص پیشنهاد نمی گردد.

کلید واژه ها: مصالح نوین، کامپوزیت پانل، نمای ساختمان، سبک سازی

۱- مقدمه

از دیر باز بشر در پی دستیابی و ساخت مصالح جدید جهت ساخت سرپناه برای خویش بوده است. از زمانی که انسانها از غار نشینی روی به خانه سازی آوردند، همیشه در پی ساخت مصالح پایدارتر، اقتصادیکتر، سریعتر برای ساختمان سازی بوده اند. مصالحی که دارای وزن کمتر و اجرای سریعتر باشند، بیشتر مورد اقبال سازندگان قرار می گیرد. همچنین این تنوع مصالح دست معماران را برای طراحی های زیبا تر و جدیدتر باز کرده است. از سویی شناسایی این مصالح برای هر معمار امتیاز محسوب می گردد.

در حال حاضر بسیاری از مصالح به دلیل ناشناخته بودن توسط معماران کمتر مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین گاهی برخی از مصالح جدید مورد غضب معمارانی که به مصالح سنتی اعتقاد بیشتری دارند، و حتی مسئولان شهرسازی قرار می گیرند. لذا شناسایی مصالح جدید می تواند، کارگشا جهت پیشرفت ساخت و ساز باشد. برای شناخت مصالح می توان از منابعی چون کتاب شناخت مصالح ساختمانی (نصرالله زاده، ۱۳۹۲)، شناخت مواد و مصالح ساختمانی (عراقچیان، ۱۳۸۹)، مصالح ساختمانی (دانشیان، ۱۳۸۹) مصالح ساختمانی معماری (سعیدی پور) مصالح ساختمانی برای آموزش و کاربرد (پارسی راد، ۱۳۸۶) و سیر تحول مصالح و ساختمان سازی (کزازی، ۱۳۹۲) بهره برد.

در میان مصالح جدید پنلهای آلومینیوم یا ساندویچ پنلهای آلومینیومی بیشتر از سایر مصالح مورد انتقاد می باشد؛ تا جاییکه به دلیل نا آشنایی کامل به این مصالح طرح ممنوعیت اجرای آن مطرح گردیده است.^۱ از آنجایی که منابع کمی هستند، که این مصالح را مورد بررسی اختصاصی قرار داده باشند، در این مقاله پژوهشی با بهره بردن از تحقیق در ساختمانهایی که مصالح

^۱ (گزارش بنا نیوز جلسه ۵۲۴ شورای شهر تهران، منبع: <http://www.iraneleman.com/fa/newsview/127>)

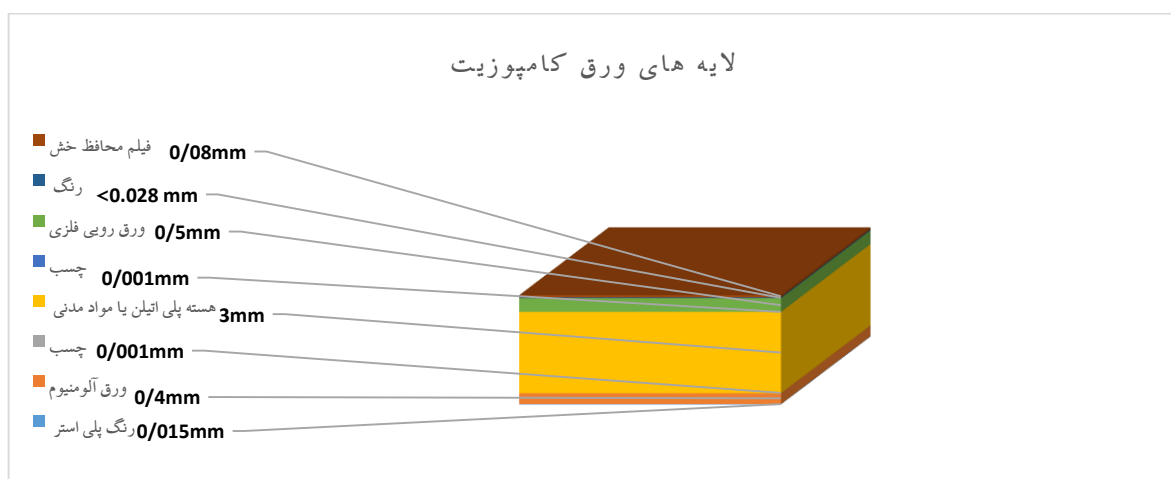
مورد نظر در آنها استفاده شده است، مصاحبه با واردکنندگان، تولیدکنندگان ورق و همچنین آزمایشات بر روی مصالح ذکر شده سعی خواهد شد راجع به معایب و محاسن این مصالح مطالب قابل استفاده ای به دست آورده شود.

۲- آشنایی با مشخصات کلی ورق کامپوزیت

پس از رنانس و انقلاب صنعتی مصالح از حالت سنتی خارج شدند و مصالح جدید به سرعت جای مصالح سنتی را گرفتند و فلزات جای پای خود را در ساختمان سازی بیشتر باز کردند در این بین ابتدا آهن و پس از آن آلومینیوم سهم بیشتری از این پروسه ی جایگزینی را داشتند. در پی گران شدن نفت کشورهای اروپایی به سمت بهینه سازی مصرف سوخت رفتند و در صدد تهیه مصالحی با مقاومت بالا، وزن کم و اتلاف حرارت کمتر برآمدند. شرکت "Alusingen" ورق های کامپوزیت را از سال ۱۹۶۹ در آلمان، با همکاری شرکت "BASF" ابداع کرد (<http://tablosazi.net>). که این ورقها با توجه به چند لایه ای بودن و هسته پلی اتیلنی که دارند، دارای خاصیت عایق بودن در برابر حرارت، صوت و رطوبت هستند. پس از خارج شدن انحصار تولید شرکتهای متعددی اقدام به تولید ورق کامپوزیت نمودند. و اجرای ورق کامپوزیت فراگیرتر شد.

۳- اجزای تشکیل دهنده ورق کامپوزیت

ورق کامپوزیت از چند جز تشکیل شده است که اجزای اصلی آن لایه ی زیرین ورق فلزی با ضخامت ۰/۲ میلیمتر الی ۰/۵ میلیمتر، لایه میانی پلی اتیلن سبک (LDPE)^۲ یا مواد نسوز کانی با ضخامت ۳ تا ۵ میلیمتر و لایه نهایی ورق آلومینیوم با ضخامت ۰/۲ تا ۰/۵ میلیمتر که در نهایت ورقی با ضخامت های ۳ تا ۶ میلیمتر ساخته می شود. در این بین ورق با ضخامت نهایی ۴میلیمتر متداول تر از سایر ضخامت ها می باشد. لایه آلومینیوم زیرین در بیشتر ورقها با پوشش رنگ پلی استر و لایه آلومینیوم روین با پوشش رنگ و لایه پی وی دی اف (PVDF)^۳ پوشانده می شود. که این پوشش در مقابل اشعه فرابنفش مقاوم می باشد، و دچار تغییر رنگ نمی گردد. و همچنین در این رزین الکتریسیته ساکن در آن ایجاد نمی شود. و جذب غبار در آن صورت نخواهد گرفت (تصویر ۱). در ادامه هر یک از اجزا به طور جداگانه و مفصل بررسی می گردند.



تصویر ۱ لایه های کامپوزیت (ترسیم نگارنده)

^۲ پلی اتیلن سبک

^۳ پلی وینیلیدین (Poly vinylidene fluoride) یا پی وی دی اف (PVDF) نوعی بسیار است. این بسیار در قیاس با PTFE (تفلون صنعتی) از مقاومت کششی و ثبات فرم بالاتری برخوردار است. در عین حال اصطکاک و عایق بودن آن کمتر است. دمای حرارتی قابل تحمل برای آن از -۶۰ تا +۱۵۰ C می باشد.

۳-۱- فیلم محافظ خش:

این لایه ورقه پلی اتیلن پشت شفاف و اغلب پشت مشکی دارای چاپ تک، دو و یا چند رنگ است. این فیلم با چسبندگی موقت بر روی لایه نهایی قرار گرفته است که علاوه بر محافظت از رنگ پیش از نصب ورق کامپوزیت، اطلاعاتی جزئی از قبیل استانداردهای ورق و معرفی کارخانه تولید کننده ورق در اختیار مصرف کننده قرار می دهد. این برچسب دارای فلش هایی است که جهت نصب را مشخص می نماید. دلیل وجود این فلش جهت دار این است که در صورت نصب ورق در جهت های متفاوت به خاطر تغییر جهت تابش نور مغایرت رنگی جزئی از دید بیننده در آنها مشاهده می گردد. همچنین در ورق های با طرح خاص مانند طرح چوب، طرح سنگ و... جهت نصب بسیار مهم است، که این فلش ها در این مهم بسیار یاری دهنده هستند. فیلم محافظ خش نباید پس از نصب بیش از ۳ ماه بر روی ورق باقی بماند. زیرا آفتاب باعث پوسیدگی آن می شود. و جدا کردن آن بسیار سخت خواهد شد.

۳-۲- رنگ روی ورق:

این رنگ قسمت قابل مشاهده ی ورق کامپوزیت است که دارای تنوع طرح و رنگ زیادی است و محدودیت آن تنها بستگی به امکانات کارخانه دارد. و در مترژهای بالا طیف رنگ قابل سفارش نیز می باشد. اما هر کارخانه تولید کننده برای خود کاتالوگ رنگ دارد که می توان رنگ را از بین آنها انتخاب نمود. در ضمن اینکه طرح هایی مانند طرح چوب، طرح سنگ، آینه ای و خش دار نیز بین این رنگها وجود دارد. رنگها انواع مختلف دارد که شامل دسته بندی زیر می باشد.

الف) تقسیم بندی رنگها از نظر مواد:

۱- رنگ پلی استر: این نوع رنگ دارای مقاومت در برابر اشعه ماورابنفش نمی باشد و تنها برای استفاده در دکوراسیون داخلی می باشد.

۲- رنگ پی وی دی اف (PVDF): نوعی پوشش است که به دلیل داشتن لایه پلیمری و عنصر فلورینور از رنگ سطح ورق محافظت می کند و در برابر شرایط جوی، نور خورشید، شرایط اسیدی مقاوم است. قبل از اینکه رزین پی وی دی اف (PVDF) روی سطح ورق آلومینیوم اجرا شود یک لایه رنگ آستر از نوع پلی اورتان روی ورق زده شده و سپس لایه رنگ به آن اضافه می شود (<http://www.gbsiran.com>, 1395) ..

۳- رنگ نانو پی وی دی اف (Nano PVDF): این رنگها علاوه بر مقاومت در برابر تابش ماورابنفش در برابر خراش نیز مقاومت بهتری نسبت به دیگر ورقها دارد و مهمترین خاصیت آن عدم جذب گرد و غبار بر روی سطح آن می باشد.

ب) تقسیم بندی رنگها از نظر طیف و دید رنگ (تصویر ۲):

۱- رنگهای ساده: این رنگها شامل رنگهای ساده بدون جلوه خاص مانند سفید، سیاه، سبز، زرد، قرمز، آبی و... هستند و به صورت مات دیده می شوند.

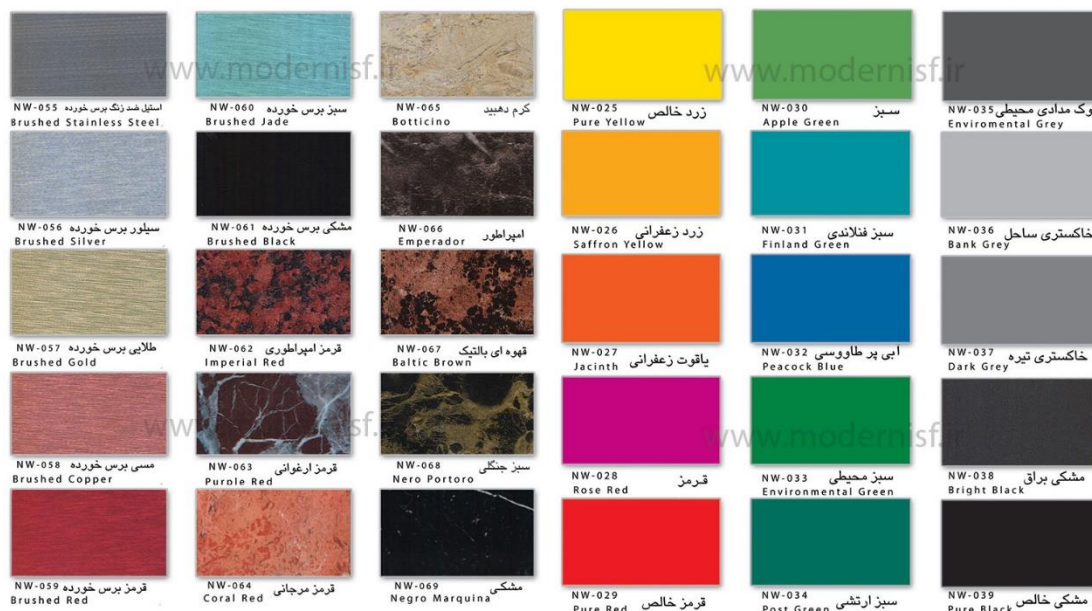
۲- رنگهای براق (Shine): این رنگها همان رنگهای طبیعی ساده هستند، که دارای درخشش می باشند. و اصطلاحاً به آنها شاین (Shine) یا براق می گویند.

۳- رنگهای طیف نوری یا اسپکترا (Spectra): فکر اولیه ایجاد ورقهای کامپوزیت با این رنگ از رنگین کمان و طیف های رنگی آن گرفته شده است. تغییر جهت تابش نور و شکست آن در این پوشش رنگ از خصوصیات منحصر به

فرد این نوع رنگ می باشد. مواد خاص بهره برده شده در این رنگها باعث ایجاد رنگهای متفاوت در ساعات مختلف روز در اثر تغییر جهت تابش نور خورشید است (<http://www.gbsiran.com>,1395).

۴- طرح های طبیعی: این طرحها شامل ورقهای طرح چوب و طرح سنگ هستند.

۵- طرح های خاص: شامل طرح آینه نقره ای، آینه طلایی، آینه دودی، براش (خشدار) نقره ای و.... هستند.



تصویر نمونه رنگهای ورق منبع <https://modernisf.ir>

۳-۳- لایه های فلزی:

لایه ی زیرین و لایه رویی ورق کامپوزیت پنل می تواند ورق فولاد ضد زنگ (stainless steel)، مس و یا آلومینیوم با آلیاژهای مختلف باشد. که این بیشتر ورقهای مورد استفاده در ساختمان دارای لایه های آلومینیوم رنگ شده هستند. این ورقها دارای ضخامت بسیار پایین می باشند. و لایه های آلومینیوم را از زیر مجموعه ی آلیاژهای سری 1XXX, 3XXX, 5XXX, 6XXX انتخاب می کنند (Rafael Nunes,2004). دلیل آن این است که این آلیاژها به خاطر دارا بودن لایه ی اکسیدی چسبنده به سطح، از مقاومت بالایی نسبت به خوردگی اتمسفری و شیمیایی برخوردار هستند. و بیشتر از آلیاژ ۳۰۰۳ آلومینیوم به خاطر نرمی و قابلیت فرم دهی راحت تر استفاده می شود.

جدول ۱ آلیاژهای آلومینیوم (Rafael Nunes,2004)

آلیاژهای آلومینیوم			
سری	ترکیب	سری	ترکیب
1XXX	آلومینیوم تقریباً خالص	5XXX	آلیاژ آلومینیوم و منیزیم
2XXX	آلیاژ آلومینیوم و مس	6XXX	آلیاژهایی با ترکیب منیزیم، سیلیسیم و آلومینیوم
3XXX	آلومینیوم منگنژدار	7XXX	آلیاژهایی با ترکیب روی و آلومینیوم و منیزیم
4XXX	آلومینیوم سیلیسیم دار	8XXX	آلیاژ آلومینیوم با عناصر کمتر متعارف همچون لیتیم



تصویر ۳ کوپل ورق آلومینوم رنگ شده منبع: <http://atrobond.com>

۴- ابعاد و اندازه ها

ورق های کامپوزیت در اندازه های استاندارد تولید می گردند و اصولاً از نظر عرضی دارای محدودیت هستند. ولی از نظر طولی تابع استانداردهایی هستند که در صورت نیاز کارفرمایان برای مترژهای بالا قابل تغییر و سفارشی شدن می باشند. اندازه ی عرضی این ورق ها ۱۲۲۰، ۱۲۵۰، ۱۵۶۰ میلیمتر می باشد. و اندازه های طولی این ورق ها معمولاً ۲۴۴۰، ۳۲۰۰ میلیمتر است. با توجه به اینکه این ورقها با ابزارهای ساده آلومینیوم و چوب قابل برش می باشند، این امکان وجود دارد که ورقهای مذکور را طبق اندازه دلخواه در محل کار برش زد، خم کرد، نورد کرد و یا سوراخ نمود.

۵- موارد کاربرد

ورقهای کامپوزیت دارای کاربرد برای نماهای خارجی ساختمان (با پوشش رنگ پی وی دی اف) و دکوراسیون داخلی (با پوشش رنگ پلی استر) می باشند. کامپوزیت پنل به دلیل دارا بودن نوع ضد حریق، مورد تایید آتش نشانی جهت پوشش نهایی در پمپ بنزین ها و پمپ های گاز و به طور کلی در مکان هایی که خطر آتش سوزی در آنها بیشتر است، می باشد. همچنین از آنجایی که این ورقها با سرعت بالایی نصب می گردند، دارای جلو و زیبایی زیادی جهت ساختمانهای تجاری اداری هستند و به این علت که نصب حروف برجسته تابلوها روی آنها به آسانی انجام می شود، جهت تابلوهای بانکها و فروشگاه های زنجیره ای بسیار مورد استقبال قرار گرفته است. در ضمن اینکه در برج ها، هتل ها، مراکزهای همایش، فرودگاه ها نیز به جهت سبکی وزن و مقاومت در برابر باد شدید و زلزله کاربرد فراوانی دارد. کامپوزیت پنل یکی از انتخاب های اولویت دار در نمای ساختمان های تجاری اداری می باشد. هم اکنون در شهرهای مهم و مدرن بسیاری از این مصالح بهره گرفته می شود. به عنوان مثال برج العرب، نماد شهر دبی، برج های النصر در دوحه قطر، هتل العرب و ساختمان کارخانه میتسوبیشی نمونه هایی از ساختمانهای بیشتر شناخته

شده با کاربرد کامپوزیت هستند. در ایران نیز ساختمان های شناخته شده ای همانند نمایندگی های ایران خودرو ، نمایندگی های سایپا ، بانکها (سامان، صادرات، ملت، سپه و...) ، ساختمان مرکزی بانک قوامین ، متل قو و... را می توان نام برد. نکته حایز اهمیت این است، که این مصالح با نمای مسکونی و بافت سنتی سنخیتی ندارند. و بهتر است ، از به کار بردن این مصالح در بافت سنتی و مسکونی خودداری نمود. چرا که این مصالح روحی ماشینی دارند و حتی اگر از طرح های ویژه مانند طرح چوب یا طرح سنگ هم استفاده شود نمی توان آنرا با مصالح سنتی برای ساختمانهای مسکونی قیاس کرد. البته به کار بردن این مصالح به عنوان آبچکان و قاب پنجره در ساختمان های مسکونی نیز قابل پذیرش می باشد. زیرا که از قدرت آب بندی بالایی ، انعطاف پذیری و سرعت اجرایی خوبی برخوردار است.

۶- نصب ورق کامپوزیت

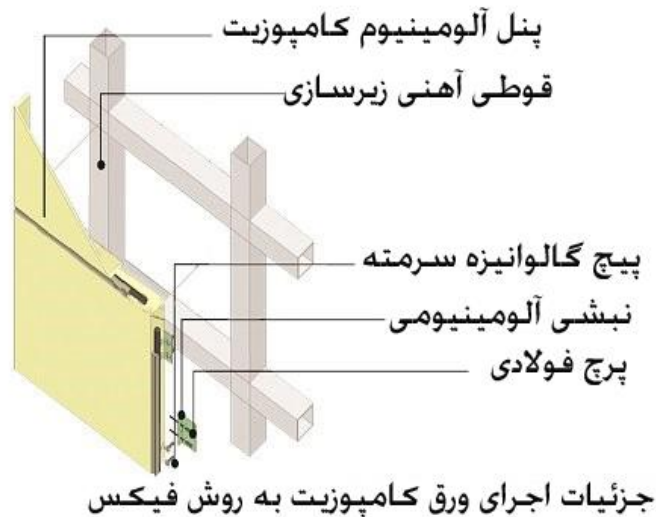
۱-۶ برش و شکل دهی به ورق کامپوزیت

برش و شکل دهی به ورق کامپوزیت شامل چند مرحله است و با وسایل گوناگون انجام می گیرد ، که شامل برش، شیار ، خم ، نورد و مونتاژ است. برش و شیار ورق به وسیله دستگاه اره گردبر ، اورفرز ، دستگاه سی ان سی و... می تواند انجام شود. خم ورق پس از اینکه شیار زنی انجام شد، در بیشتر موارد به وسیله دست انجام می گردد. برای اجرای نماهای قوس دار ورق را توسط دستگاه نورد ورق فرم داده می شود. پس از انجام این مراحل ، ورق ها مونتاژ و نصب می گردند.

۲-۶- سیستم های نصب ورق

۱-۲-۶- اجرای نمای کامپوزیت با سیستم فیکس (Fixing)

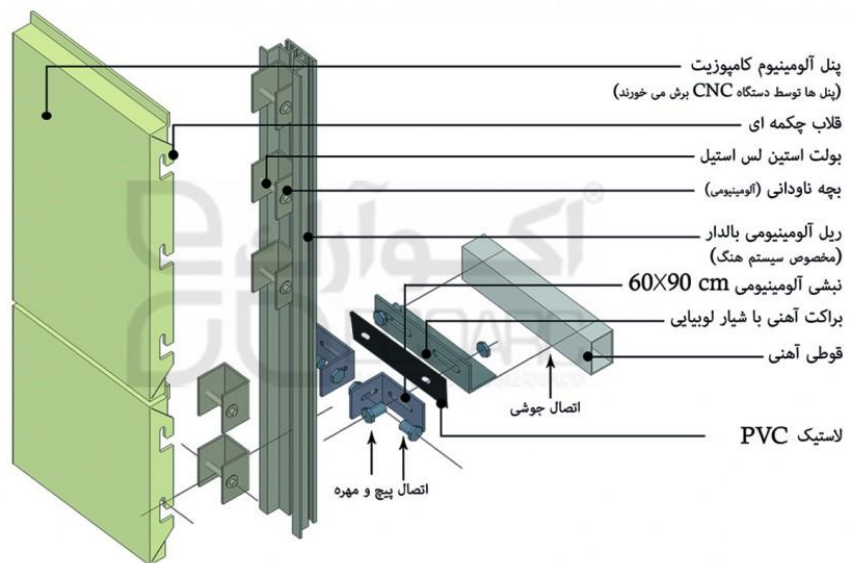
در این نوع نصب می توان از زیر سازی آهنی به وسیله جوشکاری و یا زیر سازی آلومینیومی به وسیله ی اتصالات نبشی و پیچ و مهره بهره برد. یک راه جهت نصب ورق در این روش پس از برش و شیار ورق کامپوزیت ، نصب ورق با استفاده از پیچ یا پرچ بر روی زیرسازی آلومینیومی یا آهنی است. نصب در این روش با سرعت بالایی انجام می گردد. اصولاً فاصله ای بین ۱ الی ۳ سانتیمتر در بین ورقها ایجاد می شود که به این فاصله جوینت (Joint) و یا ژوئن گفته می شود که این فاصله را از برش های باریک ورق ، چسب های سیلیکون ضد اشعه آفتاب و یا پرکننده لاستیکی در فرمهای سپری یا مستطیلی و چسب عایق حرارتی و رطوبتی می نمایند (تصویر ۴). راه دوم برای نصب ورق بر روی این سیستم پروفیل آلومینیومی اچ و ال (H,L) می باشد. در این روش ورقها پس از برش در میان شیار پروفیل های گفته شده قرار داده می شوند. روش نصب اچ و ال دارای معایب فراوانی است. که می توان گفت به طور کلی فلسفه ایجاد و استفاده ورق کامپوزیت را زیر سوال می برد. چرا که: الف) عایق رطوبتی، عایق حرارتی و عایق صوتی بودن ورق را به شدت کاهش می دهد. که دلیل آن ارتباط مستقیم ورق کامپوزیت با زیر سازی است. ب) رنگ پدیدگی پروفیل های آلومینیومی به مرور زمان و نازیبا شدن نما به این علت. ج) سخت شدن امکان تعویض قطعات معیوب در این نوع سیستم است. بر پایه مصاحبه ای که نگارنده با یکی از وارد کنندگان و تولید کنندگان جناب مهندس جهانگرد در تاریخ ۱۳۹۵/۱۰/۰۵ انجام داده است، ایشان سیستم اچ و ال این کار توصیه نمی کنند.



تصویر ۴ جزئیات نصب به روش فیکس (منبع: <http://namatarahi.ir>)

۶-۲-۲- اجرای نمای آلومینیوم کامپوزیت با سیستم هنگ (Hanging)

در این روش نصب، ورق‌ها با استفاده از شیارهای چکمه‌ای تعبیه شده، به صورت ریلی روی پروفیل‌های مخصوص آلومینیومی نصب می‌شوند. پس از اجرای کمربندی‌های آهنی زیرسازی، با هدف رفع خطاهای احتمالی سازه، نبشی‌های آهنی با شیارهای لوبیایی روی کمربندی‌های مطابق با آکس بندی ارائه شده در نقشه‌های اجرایی، نصب می‌گردند. در مرحله بعد، ریل‌های آلومینیومی با مقطع مشخص در آکس نبشی‌های آهنی بوسیله براکت‌های آلومینیومی با دو سوراخ لوبیایی به زیرسازی متصل می‌شوند. در این روش جهت جلوگیری از خوردگی بین آهن و آلومینیوم، از لاستیک‌های دی‌الکتریکال PVC بین براکت آلومینیومی و نبشی آهنی استفاده می‌گردد. نهایتاً ورق‌های آلومینیوم کامپوزیت بوسیله اتصالاتی آلومینیومی U شکل (موسوم به بچه ناودانی) که در داخل لامل‌های آلومینیومی قرار می‌گیرند، بر روی لامل‌ها نصب می‌گردند (تصویر ۵).



تصویر ۵ جزئیات نصب ورق کامپوزیت (منبع: <http://namatarahi.ir>)

۷- بررسی ورق کامپوزیت و مصرف بهینه انرژی

ورق کامپوزیت را به لحاظ استفاده بهینه از انرژی ، می توان یکی از مصالح مناسب دانست، زیرا به دلیل اینکه ورق کامپوزیت از سه جزء تشکیل شده است و هسته ی میانی آن از پلی اتیلن می باشد امکان انتقال حرارت را از لایه رویین به لایه ی زیرین محدود می کند. و این مصالح به عنوان یک عایق حرارتی خوب عمل می نماید. از سوی دیگر این سه لایه به عنوان یک عایق صوتی خوب عمل می کند (جدول شماره ۸). به دلیل عدم نفوذ آب به لایه آلومینیوم و همچنین لایه پلی اتیلن ، از این ورق در صورت اجرای صحیح می توان به عنوان یک مصالح مناسب جهت عایق رطوبتی نام برد. از آنجایی که این مصالح بسیار سبک است و حتی از ورق آلومینیوم به کار رفته در نما نیز سبک تر می باشد (جدول شماره ۷). می تواند در محاسبه بار مرده ی ساختمان بسیار موثر باشد و نیز می تواند ابعاد پی و ستونها را کاهش دهد. از نظر محیط زیستی می توان به قابل بازیافت بودن تمام مواد به کار رفته در این ورقها ، عدم ایجاد آلودگی محیطی ، عدم ایجاد گازهای مضر برای هوا و کاهش احتیاج به سوخته های فسیلی را اشاره نمود. اما در مورد احترام به کاربر و احساسات او جهت ساختمانهای مسکونی نمی توان این مصالح را مصالحی مناسب دانست ، زیرا این مصالح به علت ظاهر فلزی ، مصنوعی و صنعتی حس طبیعت را از کاربر دور می کند و حس صنعتی بودن را به کاربر القاء نماید. حتی در مواردی که از طرحهای طبیعی برای پوشش نهایی این ورقها بهره برده می شود. لذا بهتر است از این مصالح به عنوان نمای ساختمانهای مسکونی استفاده نگردد مگر به عنوان قاب پنجره و یا قسمت کوچکی از نما که آن هم بهتر است غالب نباشد. ولی استفاده از ورق برای ساختمانهای اداری، تجاری و صنعتی که در بافت سنتی نباشند مناسب می باشد.

۸- مشخصات فنی ورقها کامپوزیت آلومینیومی بر اساس کاتالوگ فنی کارخانه آلکوبست

جدول ۲ آزمایش فرورفتگی (ضربه) با روش دوپونت (منبع کاتالوگ فنی کارخانه آلکوبست)

گلوله فلزی (وزن kg)	ارتفاع (mm)	عمق فرورفتگی در ورق ۳ mm	عمق فرورفتگی در ورق ۴ mm
۰/۳۰	۳۰۰	۱/۸	۰/۶
۰/۵۰	۵۰۰	۱/۶	۱/۳
۱/۰۰	۳۰۰	۲/۱	۱/۶
۱/۰۰	۵۰۰	۲/۵	۲/۳

جدول ۳ مشخصات فنی (منبع کاتالوگ فنی کارخانه آلکوبست)

استاندارد آزمایشی	واحد	نتیجه در ورق 3 mm	نتیجه در ورق 4 mm
چگالی	g/cm ³	۱/۱۷	۱/۳۸
چگالی سطح	Kg/cm ²	۳/۵۰	۵/۵۵
پایداری در برابر آتش	Mpa	۲۱/۵۰	۳۰/۶۰
پایداری در برابر پوسته شدن	N/mm	۵/۹۰	۱۳/۸۰
پایداری در برابر خمش	Mpa	۶۶/۲۰	۱۲۴/۰۰
پایداری در برابر کشش	Kg/cm ²	۴/۲۰	۴/۹۰
افزایش طول	%	۷/۲۰	۱۰/۰۰

جدول ۴ خصوصیات شعله ور شدن (منبع کاتالوگ فنی کارخانه آلکوبست)

کشور	آیتم آزمایش	استاندارد آزمایش	نتیجه آزمایش
چین	حداقل طول باقیمانده پس از سوختن	GB/T۸۶۲۵	۴۲۰
	میانگین طول باقیمانده پس از سوختن	GB/T۸۶۲۵	۴۵۰
	دمای دود (C°)	GB/T۸۶۲۵	۱۲۹
	ارتفاع نقطه بالای شعله	GB/T۸۶۲۶	۱۵
	میزان چگالی دود	GB/T۸۶۲۷	۲۷
	درجه B1 غیر قابل شعله ور شدن	GB/T۸۶۲۴	Class B1
آمریکا	گسترش شعله	UBC NO.8-1	Class 1
		ASTM E84-03	
		UL 723	
	دود	ANSI/NFPA NO.225	

جدول ۵ اطلاعات فنی پوشش رنگ ویژگیهای عمومی (منبع کاتالوگ فنی کارخانه آلکوبست)

ویژگی های پوشش خشک	روش آزمایش	ضوابط
جلای ۶۰۵	ASTM D 523-89	۲۰٪ تا ۷۵٪
شکل پذیری (خمش T شکل)	ECCA 11-19 ASTM D 1737-62	T 2 بدون ترک
ضربه معکوس	ECCA 11-5	کنده نمی شود
سختی (اثر نوک مدادی)	ASTM D 3363-92 a	۳H
چسبندگی : خشک خیس آب جوش	ASTM D 3359 روش هشت ۲۴ ساعت و ۳۷/۸C° ۱۲۰ دقیقه و 100 °C	بدون تغییر بدون تغییر بدون تغییر
مقاومت در برابر سائیدگی	ASTM D 968-93 (ریزش شن)	AAMA 20 L/mil بر اساس ضوابط AAMA 70 L/mil بر اساس مقدار واقعی
مقاومت شیمیائی : HCL و H ² SO ⁴ ملات پاک کننده	ASTM D 1308-79 AAMA 605.2-90 ASTM D 2248-73	بدون تغییر بدون تغییر بدون تغییر

جدول ۶ ویژگیهای خاص (منبع کاتالوگ فنی کارخانه آلکوبست)

ویژگی های پوشش خشک	روش آزمایش	ضوابط
حفظ رنگ	ASTM D 2244-93	حداکثر ۵ واحد پس از ۴۰۰۰ ساعت
دمای رطوبت	ASTM D 2246-95	بدون تاول ، بدون ترک ، ۱۰ دور (۲۴ ساعت 8/37 °C 100 RH % X) (۲ ساعت 18 °C X) و (۴ ساعت 24 °C X)
حفظ جلا	ASTM D 523-89	۷۰٪ پس از ۴۰۰۰ ساعت
سفیدک زدن	ASTM D 4214-89	حداکثر ۸ واحد پس از ۴۰۰۰ ساعت
نمک پاشی	ASTM D-B 117-90 ECCA 11-2	تاول زدن ۱۰ ، خراشیدگی ۸ سه هزار ساعت ، آلومینیوم 35 °C
رطوبت	ASTM D 2247-94	بدون تغییر

جدول ۷ خصوصیات مکانیکی پوسته آلومینیومی (منبع کاتالوگ فنی کارخانه آلکوبست)

	واحد	ASTM	
پایداری در برابر جاری شدن	mpa	E 8	۱۷۰
انعطاف پذیری نرم	mpa	C 939	۷۶۰۰۰

جدول ۸ مقایسه وزن ورق کامپوزیت (منبع کاتالوگ فنی کارخانه آلکوبست)

ردیف	مصالح مصرفی	وزن کیلوگرم بر متر مربع	وزن مصالح مورد نیاز زیر سازی	جمع
۱	سنگ گرانیت به ضخامت ۲ تا ۳ سانتیمتر	حدود ۸۰	بین ۱۴ الی ۲۰ کیلوگرم بنا به نوع نصب اسکوپ یا غیر اسکوپ	۹۵ الی ۱۰۰
۲	سیمان با ضخامت ۴ سانتیمتر	حدود ۷۵	-	۷۵
۳	شیشه ۶ میلیمتر	حدود ۲۵	حدود ۱۵	۴۰
۴	ورق آلومینیوم خالص به ضخامت ۳ میلیمتر	حدود ۱۵	حدود ۱۰	۲۵
۵	ورق کامپوزیت پنل آلومینیومی	۵	۷	۱۲

جدول ۹ مقایسه وزن ورق با برخی مصالح نما (منبع کاتالوگ فنی کارخانه آلکوبست)

نوع مصالح	وزن مخصوص	وزن در هر متر مربع	وزن مصالح زیر سازی	وزن کل
سنگ گرانیت	۲۸۰۰	۵۶	۵۲/۲	۱۰۸/۵
سنگ مرمر	۲۷۰۰	۵۴	۵۲/۵	۱۰۶/۵
سنگ تراورتن	۲۰۰۰	۴۰	۵۲/۵	۹۲/۵

جدول ۱۰ ضریب عایق صوتی بر اساس استاندارد (GBJ 5-84) : (منبع کاتالوگ فنی کارخانه آلکوبست)

فرکانس مرکز (HZ)	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۱۵	۴۰۰	۵۰۰
ضریب عایق صوتی (db)	۲۳	۱۷	۱۹	۲۴	۲۷	۲۸	۲۹	۳۱
فرکانس مرکز (HZ)	۶۳۰	۸۰۰	K 1	K 25/1	K 6/1	K 2	K 5/2	K 15/3
ضریب عایق صوتی (db)	۳۲	۳۲	۳۴	۳۶	۳۷	۳۸	۳۸	۳۷

جدول ۱۱ تغییر شکل در برابر نیروی باد بر اساس استاندارد (GB 7106-88) (منبع کاتالوگ فنی کارخانه آلکوبست)

۰/۲Kpa	فشار مثبت	بررسی تغییر شکل
-۰/۲Kpa	فشار منفی	
۵/۰Kpa	فشار مثبت	بررسی ایمنی (سه ثانیه فشار باد شدید)
-۵/۰Kpa	فشار منفی	

۹- نتیجه گیری / جمع بندی:

ورق های کامپوزیت پنل دارای انعطاف پذیری ، زیبایی ، سبکی ، خاصیت عایق بودن هستند و همچنین نصب آنها با سرعت بالا صورت می گیرد. که این مجموعه ی امکانات معماران را راغب به استفاده از این مصالح می نماید. اما در اجرای این مصالح باید از نیروهای کاری ماهر و سیستم نصب مناسب بهره برد. این ورقها از نظر اقتصادی نیز نسبت به مصالح مدرن دیگر مناسب تر هستند و همچنین جهت سبک سازی ساختمان بسیار مناسب می باشند. خواصی مانند عایق صوتی ، عایق رطوبتی و عایق حرارتی بودن ، مقاومت در برابر آتش سوزی و عملکرد مناسب در هنگام زلزله ورق کامپوزیت را مصالح مناسبی جهت نمای ساختمان می کند. اما برای استفاده در ساختمانهای مسکونی به ویژه در بافتهای سنتی شهرها به جهت ناسازگاری آن با بافت سنتی و صنعتی بودن این مصالح به نظر مطلوب نمی باشد. و در مورد آنها باید با احتیاط اقدام نمود. به لحاظ بازیافت این مصالح به طور کامل قابل بازیافت می باشد ، به شرط اینکه امکانات زیر بنایی آن محیا باشد. در مجموع می توان گفت کاربرد این مصالح برای کاربری های مختلف مانند ساختمانهای تجاری ، اداری ، صنعتی و مسکونی مناسب است. و بهتر است. در به کار بردن آن برای ساختمانهای مسکونی با ملاحظات خاص و ترکیب با سایر مصالح انجام شود.

منابع فارسی:

- ۱- دانشیان ، ۱۳۸۸، مصالح ساختمانی، چاپ اول، جلد ۱ ، تهران ، دانشگاه پیام نور
- ۲- سعیدی پور، تجدد، ۱۳۹۳، مصالح تخصصی معماری، ویرایش چهارم، جلد ۱، تهران ، آکادمی تخصصی معماری
- ۳- عراقچیان ، ۱۳۸۹، شناخت مواد و مصالح ساختمان، چاپ اول ، جلد اول، تهران، دانشگاه بوعلی سینا
- ۴- ولفرام هیه زه، ۱۳۸۲، شناخت مصالح ساختمان برای آموزش و کاربرد، ترجمه : پرویز پارسی راد، ۱۳۸۶، چاپ دهم، جلد ۱، تهران، سیمای دانش

منابع انگلیسی:

ASM International. New york . Second publish .ASM Handbook ، 2011 .Nunes, Adams,Ammons&....

سایر منابع:

کاتالوگ فنی ورق کامپوزیت کارخانه آلکوبست (۱۳۹۵).

وب سایتها:

<http://Tablosaz.net>

www.gbsiran.com

<http://namasan88.ir>

<https://modernisf.ir>

<https://atrobond.com>

<http://namatarahi.ir>