GFRC

 GFRC مخفف بتن الیاف شیشه بوده که به نمای خشک هم معروف است. مشابه فایبرگلاس خرد شده است؛ اما به مراتب بسیار ضعیف‌تر. این تکنولوژی قریب به نیم قرن است که در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ اما متأسفانه تاکنون در ایران پیشرفت و کاربرد زیادی نداشته است GFRC. کامپوزیتی است که از سیمان پرتلند، سنگدانه ریز، آب، پلیمر اکریلیک، تقویت الیاف شیشه مقاوم در برابر قلیایی و مواد افزودنی تشکیل شده است.

در GFRC از الیاف بتنی و مواد افزودنی برای بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی بتن استفاده می‌شود. ترکیب صحیح این مواد و تولید کامپوزیت با تناسب و یکپارچگی کامل، امکان استفاده از بتن را برای سطوح ناهموار و منحنی فراهم می‌کند. بنابراین طراحان نما بدون هیچ محدودیتی قادر به اجرای طرح‌های خود هستند. به عنوان یک ماده مهندسی، خصوصیات جی اف آر سی یا GFRC بسته به ترکیب مواد سازنده آن می‌تواند متفاوت باشد. الیاف شیشه به کار رفته در آن مقاومت کششی بالاتری نسبت به فولاد دارد. همه انواع المان‌های ساخته شده به این روش نیازمند قالب هستند و بدون قالب نمی‌توان قطعه‌ای ساخت. در یک طرح اختلاط معمول، مقاومت فشاری حدود ۸۰۰۰ تا ۶۰۰۰ psi است.

در GFRC به جای فولاد از الیاف شیشه برای تقویت بتن استفاده می‌شود. از آنجا که این الیاف مانند فولاد زنگ نمی‌زنند، بنابراین نیازی به محافظت از پوشش بتن در برابر زنگ زدگی نیست. با استفاده از این ویژگی‌های منحصر به فرد، از این اجزا می‌توان حتی در محیط‌های شور و دریایی نیز استفاده کرد. بنابراین با هر اقلیمی سازگاری دارد. با توجه به مقاومت بالای GFRC ، تولید قطعات با ضخامت ۳۰.۱۲ میلی متر امکان‌پذیر است. بنابراین وزن اجزای جی اف آر سی بسیار کمتر از اجزای بتنی پیش ساخته سنتی است. وزن کم GFRC‌‌‌‌ امکان اجرای آن‌ها بر روی سطوح ساختمان را راحت‌تر، سریعتر و بدون چالش می‌کند. وزن سبک‌تر، مقاومت در برابر کشش و خمش، مقاومت در برابر آب و فایرپروف؛ آزادی عمل طراحان و معماران در امکان ابداع طرح‌های جدید در انواع رنگ‌ها و بافت‌ها را برای استفاده در سطوح مختلف ایجاد می‌کند.

همچنین وزن کم این محصول به دلیل ضخامت کم، تولید قطعات ظریف و بزرگ با طرح‌های متنوع و پیچیده را امکان‌پذیر می‌کند. از دیگر مزایای قطعات جی اف آر سی پیش‌ساخته، تعمیر سریع و تعویض قطعات جدید به جای اجزای کلی نمای آسیب دیده است. در بسیاری از بازارهای بین المللی از GFRC  به عنوان GRC یاد می‌شود. این بتن، ترکیبی منحصر به فرد و ایده‌آل برای صنعت ساختمان محسوب می‌شود.

**تفاوت این بتن با بتن معمولی در چیست؟**

جایگزینی فولاد با الیاف شیشه

تفاوت این بتن با بتن معمولی در جایگزینی فولاد با الیاف شیشه برای بهبود مقاومت کششی بتن است. در اثر این جایگزینی، چگالی به طرز چشمگیری کاهش یافته، حجم کمتری اشغال می‌شود. به سبب همگونی بافت ماده، قطعات از یکپارچگی و دوام بالایی برخوردار هستند. الیاف موجود در ترکیب این امکان را فراهم می‌کند که GFRC در ضخامت کمتری نصب شود. به گونه‌ای که ضخامت یک قطعه بتنی GFRC را می‌توان به حدود ۸ میلی‌متر کاهش داد. بنابراین پنل پوششی نما به این روش می‌تواند تا ۷ برابر کمتر از یک پنل پیش‌ساخته بتنی وزن داشته باشد که به طور معمول در هر کیلومتر مربع در حدود ۳۰ کیلوگرم است.

مقاومت خمشی و کششی بسیار بالاتر از بتن معمولی

تقویت کننده الیاف شیشه منجر به تولید محصولی با مقاومت خمشی و کششی بسیار بالاتر از بتن معمولی می‌شود و امکان استفاده از آن را در کاربردهای نصب نماهای نازک فراهم می‌کند. همچنین نیازی به تشکیلات آرماتوربندی ندارد. GFRC یک ماده سبک و بادوام است که می‌تواند تقریباً به شکل‌ها، رنگ‌ها و بافت‌های نامحدود ریخته شود؛ از این رو این روش گزینه بسیار مناسبی برای نماسازی ساختمان‌های مرتفع است. همچنین به دلیل مقاومت بالا و قابلیت شکل‌پذیری و سبکی وزن در ساخت مبلمان شهری و پوشش گنبدها نیز کارایی ویژه‌ای دارد.

سازگاری بیشتر با شرایط محیطی

با توجه به مطالعات متعدد انجام شده در آزمایشگاه در مورد دوام و ماندگاری GFRC ، و در شرایطی که کاملاً با شرایط محیطی سازگار است، دیده می‌شود که در بسیاری از محیط‌ها، مانند قرار گرفتن در معرض اسپری نمک یا رطوبت بالا، GFRC  به خوبی کار می‌کند. از آنجا که سطح GFRC با یک پلیمر خاص آغشته شده است، ترک، سابیدگی و خوردگی در سطوح نما دیده نمی‌شود. در حقیقت، دوام و مقاومت GFRC در برابر طوفان، سیل، آتش سوزی و زلزله در آزمایشگاه و همچنین در بسیاری از پروژه‌ها ثابت شده است.

عایق حرارتی و صوتی

اگر نمای ساختمان ساخته شده از GFRC  در مقابل آتش قرا ربگیرد، نمی‌سوزد، بلکه به عنوان یک تنظیم کننده در برابر آتش عمل می‌کند و از سطح ساختمان که در پشت آن قرار دارد، در برابر شعله‌های آتش محافظت می‌کند. در مقایسه با بتن معمولی، از حساسیت و فرسایش کمتری در شرایط مختلف جوی برخوردار است و مقاومت بالاتری در برابر انجماد دارد. به عنوان [**عایق صوتی و حرارتی**](https://kalar.co/blog/%D8%B9%D8%A7%DB%8C%D9%82-%D8%B5%D9%88%D8%AA%DB%8C-%D9%88-%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D8%AA%DB%8C/) عمل می‌کند و به دلیل کنترل کیفیت بالای اجزای سازنده، نمای تمام شده حداقل تخریب و اتلاف مصالح ساختمانی را به همراه دارد. تأثیرات زیست محیطی GFRC بسیار کمتر از بتن، سنگ یا سایر مواد سنتی است و بسیار سازگار با محیط زیست است.

## مواد تشکیل دهنده جی اف آر سی GFRC

### سیمان

سیمان مورد نیاز مشابه انواع دیگر سیمان است و می‌توان با افزودن حداکثر درصد پوزولان، حجم سیمان را کاهش داد.

### ماسه

ماسه مورد استفاده در این بتن ماسه طبیعی، بادی و سیلیسی و یا ترکیبی از آن است که با توجه به قطعه تعیین می‌شود. ماسه سیلیسی برای مقاومت بهتر و ظاهر زیباتر کاربرد عمده‌ای در ساخت این قطعات دارد. ماسه می‌بایست گردگوشه و شسته باشد. ابعاد آن بسته به قطعه از ۰.۱-۰.۰۵ میلی‌متر متغیر است. بسته به طراحی قطعه می‌توان تا ۳۰٪ حجم ماسه سیلیسی از ماسه شسته ۵ میلی‌متر است.

### الیاف

الیاف شیشه (Glass Fiber) خود را در دماهای بالا حفظ می‌کند، استحکام و سختی مناسبی دارد، خواص مکانیکی مقاومت به رطوبت و خوردگی مناسبی دارد و نسبتا ارزان است. تقسیم‌بندی شش نوع الیاف شیشه زیر نشان داده شده است:

* **مصارف عمومی E-glass**
* **خواص مکانیکی بالاتر R-glass**
* **خواص مکانیکی بالاتر S-glass**
* **مقاومت شیمیایی C-glass**
* **مقاومت به اسید و باز خوب ECR-glass**
* **مقاومت به اسید و باز خوب AR-glass**

الیاف مورد نیاز در GFRC از نوع الیاف شیشه می‌باشد. آخرین نسل الیاف شیشه‌ای Ar-Glass هستند. الیاف شیشه به سطح نما خردشده (Chopped) مورد استفاده قرار گیرد. طول الیاف متناسب با طراحی و ابعاد قطعه تغییر می‌کند.

## مهمترین کاربردهای GFRC

از GFRC می‌توان برای ساخت ستون‌ها و ستون‌ها، گنبدها، سقف‌های تزیینی و دیوارها، مجسمه‌ها، نرده‌ها، قطعات تزیینی برای دکوراسیون داخلی و خارجی ساختمان‌ها، همچنین در ساخت سازه‌های دریایی مانند اسکله‌ها و پل‌های شناور، کانال‌ها برای کابل کشی، کانال‌های آب، مخازن ذخیره‌سازی و موارد دیگر.

## انواع روش‌های اجرای GFRC

معمولاً از دو روش مختلف برای اجرای GFRC بر روی نمای ساختمان استفاده می‌شود: اسپری کردن و پیش دوغاب کردن. بیایید نگاهی سریع به هر دو روش ترکیبی مقرون به صرفه بیندازیم.

### اسپری کردن

در روند اسپری کردن Spray-upبرای نمای خشک، از آنجا که دوغاب بتن مایع به قالب پاشیده می‌شود، عملکردی بسیار شبیه [**شاتکریت**](https://kalar.co/blog/%D8%B4%D8%A7%D8%AA%DA%A9%D8%B1%DB%8C%D8%AA-%DA%86%DB%8C%D8%B3%D8%AA/) است. در این فرآیند از نازل مخصوص اسپری برای اجرا و پاشش دوغاب بتن سیال و برش و پاشش همزمان الیاف شیشه استفاده می‌شود. پیش از اجرا الیاف شیشه از یک سمت و دوغاب از سمتی دیگر وارد دستگاه ملات‌پاش می‌شوند. الیاف در حین ورود به دستگاه پاششی، برش می‌خورند. اسپری کردن به این روش جی اف آر سی بسیار قوی ایجاد می‌کند، اما خرید تجهیزات می‌تواند کمی گران باشد.

اسپری دستی همه کاره‌ترین و محبوب‌ترین تکنیک تولید است و روشی است که معمولاً توسط شرکت‌های نوپا انتخاب می‌شود. از نازل مخصوص اسپری برای پاشش همزمان فیبرهای شیشه خرد شده و دوغاب سیمانی بر روی قالب استفاده می‌شود. سپس برای ادامه این کار، ملات با استفاده از غلتک فنری با دست متراکم شده و سپس لایه دوم اسپری شده و دوباره فشرده می‌شود. قطعه حاصل ترکیبی با توزیع مناسب الیاف و بتن خواهد بود. استفاده از روش اسپری اجازه می‌دهد تا از درصد بالای شیشه استفاده شود که بیشترین خصوصیات مکانیکی را به نما می‌دهد. همچنین به نوبه خود این اجازه را می‌دهد تا ضخامت سطح نما کاهش یابد.

#### **مزایای اجرای نمای جی اف آر سی (GFRC) به روش اسپری کردن**

* **استفاده از الیاف بلند حداکثر مقاومت ممکن را برای قطعات ساخته شده به این روش ایجاد می‌کند.**

#### **معایب اجرای نمای جی اف آر سی (GFRC) به روش اسپری کردن**

* **به تجهیزات تخصصی گران قیمت و مخصوصی احتیاج دارد که این عوامل باعث می‌شود در عین کیفیت بالای قطعات، طرفداران زیادی نداشته باشد.**

### پرمیکس

روش پرمیکس به معنی پیش مخلوط است. همانطور که از نام آن پیداست، الیاف شیشه در دوغاب سیمانی مخلوط شده و سپس مواد حاصل در قالب‌های متنوع پمپاژ می‌شوند. ملات بعد از قرار گیری در قالب‌ها، فشرده می‌شود. بر خلاف روش اسپری، برای پرمیکس نیازی به دستگاه برش الیافی نیست اما هنوز هم می‌تواند به دلیل پاشش مخلوط الیاف شیشه و بتن، روشی پرهزینه باشد.

در روش پرمیکس هم می‌توان از اسپری کردن کمک گرفت اما به دلیل کوتاه بودن الیاف‌های شیشه، دیگر در این حالت الیاف توسط دستگاه برش نمی‌خورند. پرمیکس یک دوغاب ویژه GFRC است که می‌تواند بدون نیاز به مداخله مکانیکی در قالب ریخته و فشرده شود. فرآیند Premix اغلب برای تولید استاندارد محصول انتخاب می‌شود. قالبهای مورد استفاده در این روش پیچیده‌تر از قالبهای اسپری هستند و اجازه می‌دهند طراحی بهینه‌تری داشته باشیم. بعد از ساخت قطعات به این روش، تا زمان اجرا بر روی سطوح در فضایی با دما و رطوبت کنترل شده قرار داده می‌شوند.

#### **مزایای اجرای نمای GFRC به روش پرمیکس**

هزینه کمتری نسبت به روش اسپری کردن دارد، اگر چه نازل مخصوص پاشش و پمپ همچنان مورد نیاز است.

#### **معایب اجرای نمای GFRC به روش پرمیکس**

جهت گیری فیبرها تصادفی تر از استفاده از اسپری است و الیاف کوتاه‌تر و در نتیجه مقاومت کمتری دارند.

### استفاده از روش ترکیبی نما و دوغاب

یکی از گزینه‌های نهائی برای ایجاد جی اف آرسی استفاده از یک روش ترکیبی است که از نازل ارزان قیمت برای استفاده از پوشش نما و دوغاب قالب‌بندی شده استفاده می‌کند. درروش ترکیبی Sprayed Premix ماده دوغاب شده روی قالب پاشیده می‌شود. این ترکیب از مزایای هر دو روش Spray Hand و Cast Premix بهره می‌گیرد و در حال تبدیل شدن انتخاب اصلی بسیاری از پروژه‌های کوچک در معماری است. این یک روش مقرون به صرفه برای شروع است، اما مهم است که با دقت دوغاب سطح نما و دوغاب پشتی ایجاد کنید تا از سازگاری و آرایش مشابه اطمینان حاصل شود.

#### **مزایای اجرای نمای GFRC به روش ترکیبی**

روشی مقرون به صرفه برای شروع کار است. در این روش، هزینه تهیه یک قیف و کمپرسور هوا بسیار کمتر از نازل‌های اسپری مورد استفاده برای اسپری یا پرمیکس خواهد بود.

از آنجایی که دوغاب سطح نما و پوشش پشتی در زمانهای مختلف اجرا می‌شوند، باید توجه دقیق شود تا اطمینان حاصل شود که دوغاب‌ها آرایش و نظم مشابهی دارند تا از به هم ریختگی ظاهری نما، جلوگیری شود.

## مزایای نمای خشک یا نمای جی اف آر سی برای ساختمان

بتن تقویت شده با الیاف شیشه دارای ویژگی‌هایی است که پیشتر به آن‌ها اشاره شد و شامل موارد زیر است:

### مصالح بهینه

تولید پانل GFRC در مقایسه با پانل پیش ساخته، دور ریز و ضایعات کمتری تولید می‌کند. همچنین از منابع طبیعی کمتری هم در ساخت آن‌ها استفاده می‌شود. از آنجا که ساخت داخل کارخانه به پایان می‌رسد، ضایعات کمی در محل کار تولید می‌شود.

### امکان اجرا در هر سطح

پوشش‌های نمای GFRC  دارای قابلیت اجرا در هر حالتی هستند و می‌توانند بر روی دیوار، سقف و… به سهولت اجرا شوند.

### مقاوم در برابر هوا و باد

پانل‌های GFRC دارای درجه مقاومت بالایی در مقابل خوردگی در برابر هوا و باد هستند. از آنجا که فیبرها ناپیوسته هستند، سلولهای ماکرو الکترولیتی تشکیل نمی‌شوند. بنابراین به طرز شگفت انگیزی سرعت خوردگی کاهش پیدا می‌کند.

### مقاوم در برابر آتش

GFRC   از مواد غیر قابل احتراق تولید می‌شود که ویژگی فایرپروف یا ضد حریق آن امروزه در ایمنی یک سازه بسیار حائز اهمیت است. بتن مانند یک تنظیم کننده حرارتی در تماس با آتش عمل می‌کند. برای مقاومت در برابر تنش حرارتی، پوشش ضد حریق در قسمت داخلی پانل یا به عنوان یک لایه بین دو لایه GFRC گنجانده خواهد شد. اتصالات بین صفحات GFRC به طور معمول با کمک عایق سیلیکونی پر می‌شوند.

### عملکرد مطلوب محیطی

در بسیاری از شرایط محیطی هنگام قرار گرفتن در معرض نمک یا رطوبت، به دلیل ‌عدم تقویت فولاد، GFRC معمولا عملکرد بهینه دارد.

### وزن مناسب

جی اف آر سی با ۷۵ to تا ۹۰ weight وزن کمتر از بتن ساده، نازک‌تر و قوی‌تر است. کاهش وزن به نصب آسان و سریع بسیار کمک می‌کند و از طرف دیگر بار وارد شده به سازه را کاهش می‌دهد. مواد سبک و سخت همچنین هزینه حمل و نقل را کاهش می‌دهد. همچنین امکان انعطاف‌پذیری در طراحی و کاهش تأثیر بر محیط را فراهم می‌کند. از طرفی به دلیل داشتن مقاومت بهتر، ظرفیت تحمل بارهای لرزه‌ای را افزایش می‌دهد.

### مقاوم در برابر انجماد

GFRC نسبت به سایر نماها، در برابر اثرات جوی آسیب‌پذیری کمتری دارد و نسبت به بتن معمولی در برابر ذوب یخ زدگی مقاومت بیشتری دارد.

### مناسب برای هر دو نمای داخلی و خارجی

GFRC / GRC سبک، متراکم و بادوام است و باعث می‌شود به راحتی یکی از بهترین مصالح برای ساخت هر نوع سازه معماری داخلی باشد.

### عایق نانو

یکی دیگر از مزیت‌هایی که نمای خشک دارد, عایق نانو است.

## معایب استفاده از جی اف آر سی GFRC:

* **در این پوشش نما، امکان خوردگی الیاف آهنی وجود دارد.**
* **نصب آن‌ها نیاز به یک سیستم لنگر جداگانه دارد.**
* **هر چه پانل‌های بزرگتری از GFRC ساخته شود، تمهیدات مورد نیاز تقویتی برای نصب نما بیشتر خواهد بود.**
* **مواد افزودنی رنگی آن ممکن است با نور خورشید کم رنگ شود.**
* **برخی از معایب اگرچه تعداد کمی از FRC هستند**
* **الیاف موجود در بتن، بتن را بسیار خشن کرده که ممکن است نصب آن را کمی مشکل کند.**
* **الیاف ممکن است در پراکندگی متناسبی قرار نگیرند که ویژگی ایده آلی نیست و نتیجه آن پایین آمدن کیفیت بتن است.**
* **بتن خشن به دلیل الیاف ممکن است به نسبت آب / سیمان بیشتری نیاز داشته باشد که باز هم ایده آل نیست.**
* **هنگام استفاده از GFRC، برنامه ریزی زیادی برای حمل و نقل مورد نیاز است زیرا در مقایسه با سایت قبل از بازیابی ساخته شده است.**
* **گرچه ارزان‌تر از بسیاری از مصالح مورد استفاده در ساخت و ساز است، اما GFRC هنوز از بتن گران است.**

## تفاوت GFRC و GRC در چیست؟

هنگامی که به دنبال قطعات معماری مورد نیاز برای ساخت نمای خشک مورد نظر خود می‌گردید، ممکن است با دو اصطلاح جداگانه روبرو شوید که به نظر می‌رسد شبیه محصولات مشابه است:

* **GFRC**
* **GRC**

هنگام تعیین نوع استفاده از پوشش، طبیعی است اگر بین اصطلاحات مختلف دچار سردرگمی شویم. در این بخش به بررسی دو اصطلاح GFRC و GRCمی پردازیم. چه تفاوتی بین GFRC و GRC وجود دارد؟ تفاوت بین GFRC و GRC در واقع هیچ چیز نیست. هر دو به یک ماده اشاره می‌کنند. دلیل وجود دو کلمه اختصاری جداگانه به دلیل تغییرات اصطلاح «الیاف شیشه» است:

* **سیمان تقویت شده (Glassfibre GRC)**
* **سیمان تقویت شده الیاف شیشه یا جی اف آر سی (GFRC)**

در صنعت ساختمان سازی به جای استفاده از عبارت کامل، از این کلمات اختصاری استفاده می‌شود زیرا این محصول اغلب فقط با نام اختصاری در سطح بین‌المللی شهرت پیدا کرده است. از آنجا که هر دو ماده یکسان هستند، هر دو به عنوان سیمان، آب، الیاف شیشه و سایر مواد شیمیایی ایمن و استاندارد تعریف می‌شوند. الیاف شیشه همچنین مقاوم در برابر قلیا (AR) است که طول عمر آن را افزایش می‌دهد و برای استفاده در بتن بسیار مناسب است.