

فصل یک : مقدمه

برای شناخت هرچه بهتر نقش و کارایی مواد چند سازه در یک سازه، می بایست در ابتدا شناخت کاملی از اجزای تشکیل دهنده آنها و روشهای فرآیندشان به دست آورد. کتاب راهنمای حاضر، نگاهی اصولی به تئوری ابتدایی چندسازه ها و خواص مواد اولیه مصرفی انداخته و سپس به معرفی روشهای متنوع فرآیند که معمولاً در تبدیل مواد اولیه به سازه موردنظر وجود دارد، می پردازد.

تئوری چند سازه ها:

چند سازه ها در ابتدایی ترین شکل خود، سازه هایی هستند که از به هم پیوستن حداقل دو عنصر تشکیل یافته اند که خواصی متفاوت از اجزای تشکیل دهنده خود را دارا می باشند. در عمل، اکثر چند سازه ها شامل توده ای از مواد بنام "بستر" در کنار نوعی "تقویت کننده" می باشند که بخش تقویت کننده اساساً برای افزایش استحکام و سفتی، به بستر اضافه می شود. تقویت کننده های فوق، معمولاً به شکل الیاف به کار برده می شوند.

امروزه رایجترین چندسازه های ساخته شده به دست بشر را می توان به سه دسته اصلی تقسیم نمود:

۱- چندسازه های بستر بسیار (PMC): این دسته از متداول ترین چندسازه ها (که قبلاً به نام فایبر گلاس مصطلح بوده اند) می باشند که در اینجا مورد بحث قرار خواهند گرفت. مواد فوق به عنوان FRP (پلاستیکهای تقویت شده با الیاف) نیز شناخته شده اند. در ساخت این سازه ها از یک رزین پایه بسپاری به عنوان بستر و از تقویت کننده های متنوعی همچون الیاف شیشه، الیاف کربن و الیاف آرامید، استفاده می شود.

۲- چندسازه های بستر فلز (MMC): در صنایع خودروسازی به طور گسترده ای از چندسازه های بستر فلزی استفاده می شود. در فرآیند ساخت این قطعات از یک فلز نظیر آلومینیوم به عنوان بستر استفاده می شود که با الیاف سیلیکون کارباید و یا ذرات سرامیکی تقویت می گردد.

۳- چندسازه های بستر سرامیک (CMC): این نوع چندسازه ها در محیطهای با دمای خیلی بالا استفاده می شوند. این مواد از سرامیک به عنوان بستر استفاده نموده و با الیاف کوتاه یا تار موهای خیلی کوتاه از جنسی مانند کاربید سیلیکون و یا نیتريد بورون تقویت می گردند.

۱،۱ : چندسازه های بستر بسیار

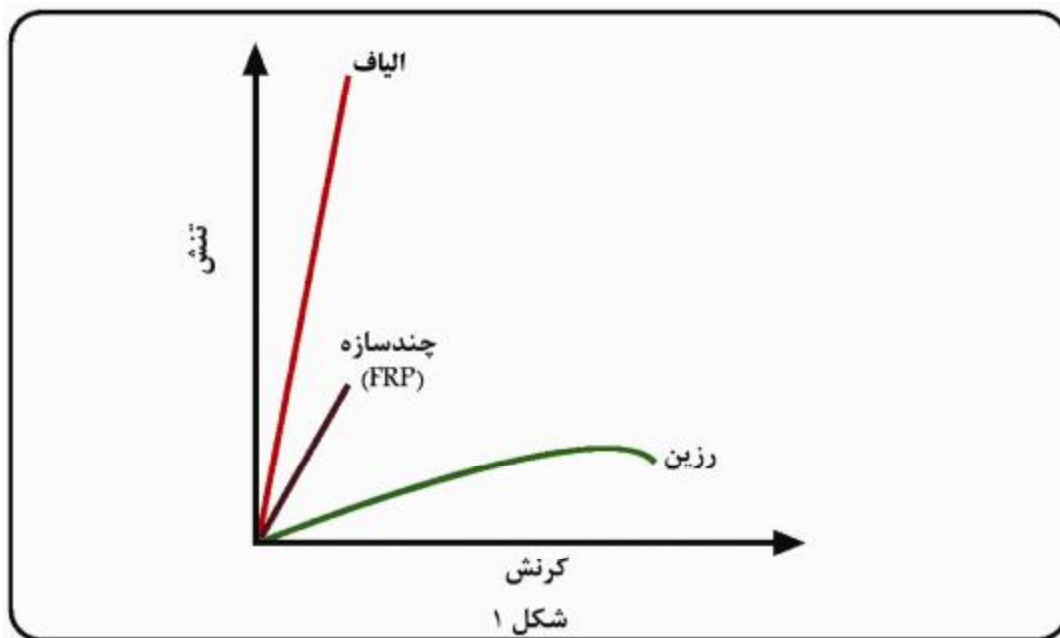
رزین هایی نظیر وینیل استر، اپوکسی و پلی استر غیراشباع، به خودی خود مصارف محدودی در تولید سازه ها دارند چرا که خواص مکانیکی آنها در مقایسه با اکثر فلزات خیلی بالا نیست. با این وجود این گونه رزینها خواص مطلوبی از جمله قابلیت شکل پذیری به اشکال پیچیده را به سادگی از خود نشان میدهند.

موادی نظیر شیشه، آرامید، و بورون، استحکام فشاری و کششی فوق العاده بالایی دارند ولی این خصوصیات را در "شکل جامد" خود به آسانی نمایان نمی سازند. به این دلیل که اساساً هرگاه ماده ای تحت تنش قرار گیرد ایرادهای پراکنده (ناشی از تولید) در سطح آن، موجب ایجاد ترک بر روی آن شده به نحوی که ماده مورد نظر به مراتب زودتر از "نقطه گسستگی" تعریف شده خود، تخریب می گردد. برای غلبه بر این مشکل، مواد اولیه تقویت کننده به صورت الیاف تولید می شوند به این منظور که، اگر چه در حین تولید، تعداد مشابهی از ایرادهای پراکنده بر روی آن ایجاد می شوند، لیکن این ایرادها به تعداد کمی از الیاف محدود گشته و مابقی الیاف، استحکامی نزدیک به "نقطه گسستگی" تعریف شده را از خود نشان خواهند داد. پس بر همین اساس دسته ای از الیاف موصوف، می توانند با دقت بیشتری کارایی بهینه ماده مورد

نظر را از خود بروز دهند. با تمامی این اوصاف، باید اذعان نمود که الیاف به خودی خود فقط می توانند خواص کششی خود را در محور طول خود نشان دهند همانند آنچه در یک رشته طناب قابل مشاهده است.

وقتی که رزین ها با الیاف تقویت کننده ای همچون شیشه، کربن و آرامید ترکیب می گردند خواصی استثنایی می یابند. بستر رزین، نیروی اعمال شده بر چندسازه را بر تک تک الیاف منتشر کرده و در مقابل، صدمات ناشی از ضربه و ساییش به الیاف را دفع می کند. استحکام و سفتی عنوان شده، سهولت در قالب گیری و ساخت شکل های پیچیده، مقاومت بالا در برابر عوامل محیطی توام با وزن حجمی پایین، همگی از دلایلی هستند که برتری چند سازه ها را نسبت به فلزات برای بسیاری از مصارف، اثبات می کنند.

چون چند سازه های بستر بسپار (PMC) ترکیبی از رزین و الیاف تقویت کننده می باشند، خواص چند سازه به دست آمده دارای ترکیبی از خواص "رزین به تنهایی" و خواص "الیاف به تنهایی" خواهد بود (شکل ۱)



در کل، خواص هر محصول چندسازه ای توسط عوامل زیر تعیین و حاصل می شود:

۱- خواص الیاف

۲- خواص رزین

۳- نسبت الیاف به رزین در قطعه چندسازه ای (نسبت حجمی الیاف-FVF)

۴- شکل هندسی و جهت الیاف در چندسازه

(موارد اول و دوم، با جزئیات بیشتر در ادامه مورد بحث قرار خواهند گرفت)

نسبت الیاف به رزین مصرفی درون یک سازه را عمدتاً نوع و روش تولیدی که برای ترکیب نمودن این دو انتخاب گردیده، تعیین خواهد نمود که در فصل فرآیند های تولید شرح داده خواهند شد. همچنین عوامل دیگری مانند نوع رزین مصرفی و شکل ممزوج شدن الیاف با رزین نیز در تعیین میزان این نسبت موثر می باشند. عموماً از آنجایی که خواص مکانیکی الیاف تقویت کننده خیلی بیشتر از رزین هاست، بنابراین هرچه نسبت الیاف به رزین بالاتر باشد، خواص مکانیکی چندسازه حاصله، ارتقاء خواهد یافت. ولیکن در عمل، برای اینکه تأثیرات

مثبت الیاف بروز یابند، می بایست به طور کامل با رزین پوشش داده شوند، این در حالی است که چیدمان الیاف با سطح مقطع دایره در کنار هم شرایط ویژه ای را می طلبد و با محدودیتهایی مواجه خواهد بود. بعلاوه، فرایند تولید برای ترکیب رزین با الیاف نیز خود اشکال متنوعی از نواقص و دردهای حبس یا حضور هوا را ایجاد می کند. معمولاً در فرایند مرسوم لایه گذاری دستی که به طور گسترده ای در صنایع قایق سازی استفاده می شود، محدوده FVF حدود ۳۰-۴۰٪ قابل دستیابی است. با این وجود در روشهای پیشرفته تر و دقیقتر مورد استفاده در صنایعی با فن آوری پیشرفته، به موفقیت هایی در ساخت قطعاتی با کیفیت بالا و FVF حدود ۷۰٪ نیز دسترسی یافته شده است (پیدا گردیده است).

عامل دیگری که از اهمیت برخوردار می باشد چیدمان هندسی الیاف چندسازه است چرا که در مقایسه بین سطح عرضی و طولی الیاف، بیشترین خواص مکانیکی متعلق به جهت طولی آنهاست. چنین وضعی، خاصیت عدم تقارن بالایی در چندسازه ها ایجاد می کند که برخلاف فلزات، آزمایشهای خواص مکانیکی که در جهات مختلفی از یک قطعه چند سازه ای به عمل می آید، می توانند نتایج متفاوتی داشته باشند. این بدان معنی است که در هنگام بررسی استفاده از چند سازه ها در مرحله طراحی، داشتن درک درستی از دو عامل بزرگی و جهت اعمال نیروی وارده بر قطعه چند سازه ای، اهمیت فراوانی دارد. خاصیت عدم تقارن می تواند امتیازات زیادی داشته باشد زیرا فقط قراردادن الیاف در جهت اعمال نیرو ضرورت دارد و نه در همه جهات، بنابراین از مصرف اضافی مواد اجتناب خواهد گردید.

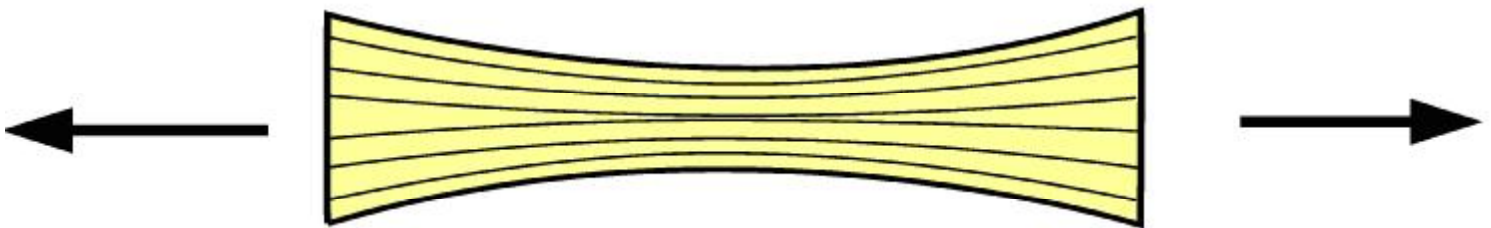
شایان ذکر است که در مورد فلزات، خواص مواد تماماً از طرف تولید کنندگانشان تعیین گردیده و مصرف کننده قادر نیست در توانمندی های درونی این مواد تغییری ایجاد نماید. لیکن در مورد مواد چند سازه خواص محصول نهایی همزمان با ساخت سازه توسط تولید کننده تعیین می گردد، به عبارت دیگر فردی که در حال ساختن یک قطعه چند سازه ای است خود، در حال خلق خواصی از محصول به دست آمده نیز می باشد. همچنین فرایندهای تولیدی که وی به کار می بندد تأثیرات بسیار حساسی در تعیین کارایی سازه ایجاد شده، به عهده دارد.

۱،۲ : اعمال نیرو

هر ماده ای در سازه باید بتواند در برابر چهار نوع اصلی اعمال نیرو یعنی کشش، فشار، برش و خمش ایستادگی کند.

کشش

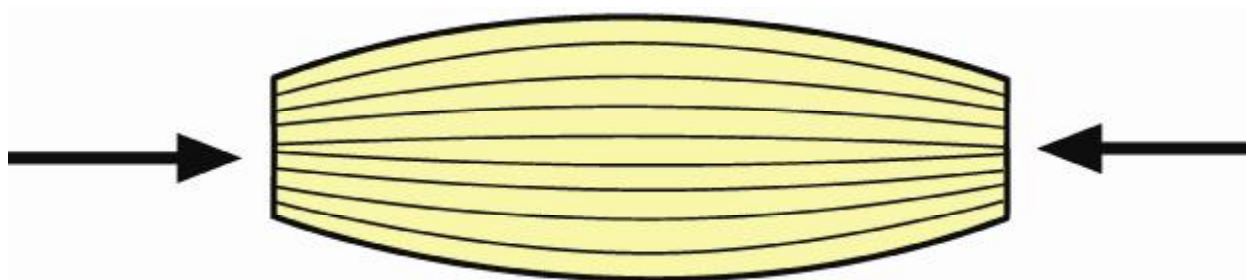
شکل ۲، اعمال نیروی کششی بر یک چند سازه را نشان می دهد. تحمل یک قطعه چند سازه ای در برابر اعمال کشش به مقدار زیادی بستگی به خواص استحکامی و سفتی کششی الیاف تقویت کننده آن دارد، چرا که در این مورد خواص خود الیاف بسیار بالاتر از رزین مصرفی می باشد.



شکل ۲

فشار

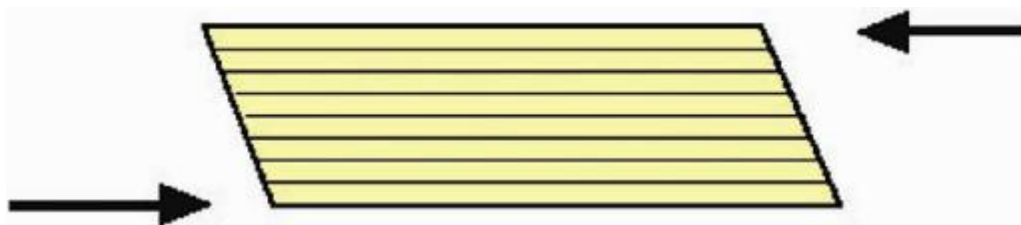
شکل ۳، یک قطعه چند سازه ای را تحت اعمال نیروی فشار نشان می دهد. در اینجا خواص چسبندگی و سفتی رزین به طور قاطع نقش ایفا می کنند. همانطوریکه ملاحظه می شود رزین عهده دار نگهداری الیافی است که به منزله ستون های استحکام دهنده بوده و از خمیدن آنها جلوگیری می کند.



شکل ۳

برش

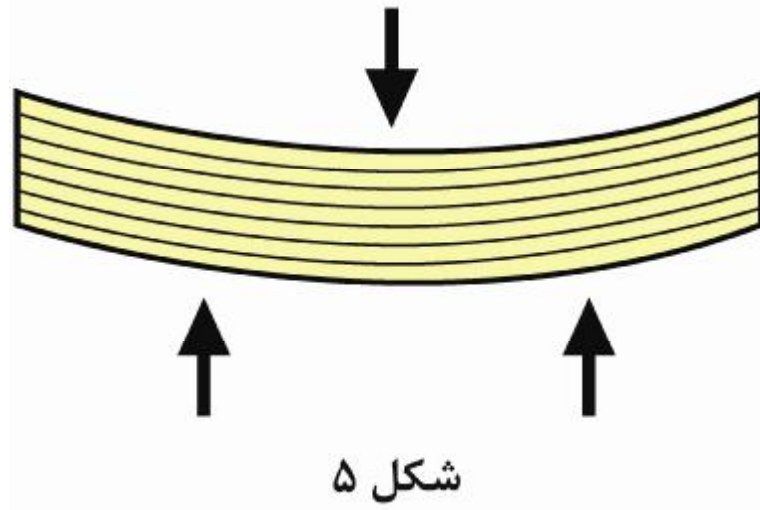
شکل ۴، یک چند سازه را تحت نیروی برشی نشان می دهد. این نیروی اعمال شده سعی دارد لایه های الیاف مجاور را از روی یکدیگر جدا کند. تحت نیروی برشی، رزین نقش اصلی را در انتقال تنش به سر تا سر چند سازه ایفا می نماید. به منظور بروز این خصیصه تحت نیروی برشی، رزین نه تنها لازم است خواص مکانیکی بالایی داشته باشد بلکه باید قدرت چسبندگی زیادی به الیاف تقویت کننده بدهد. از استحکام برشی بین لایه ای (ILSS) اغلب برای نشان دادن خواص در بین لایه های یک چند سازه استفاده می شود.



شکل ۴

خمش

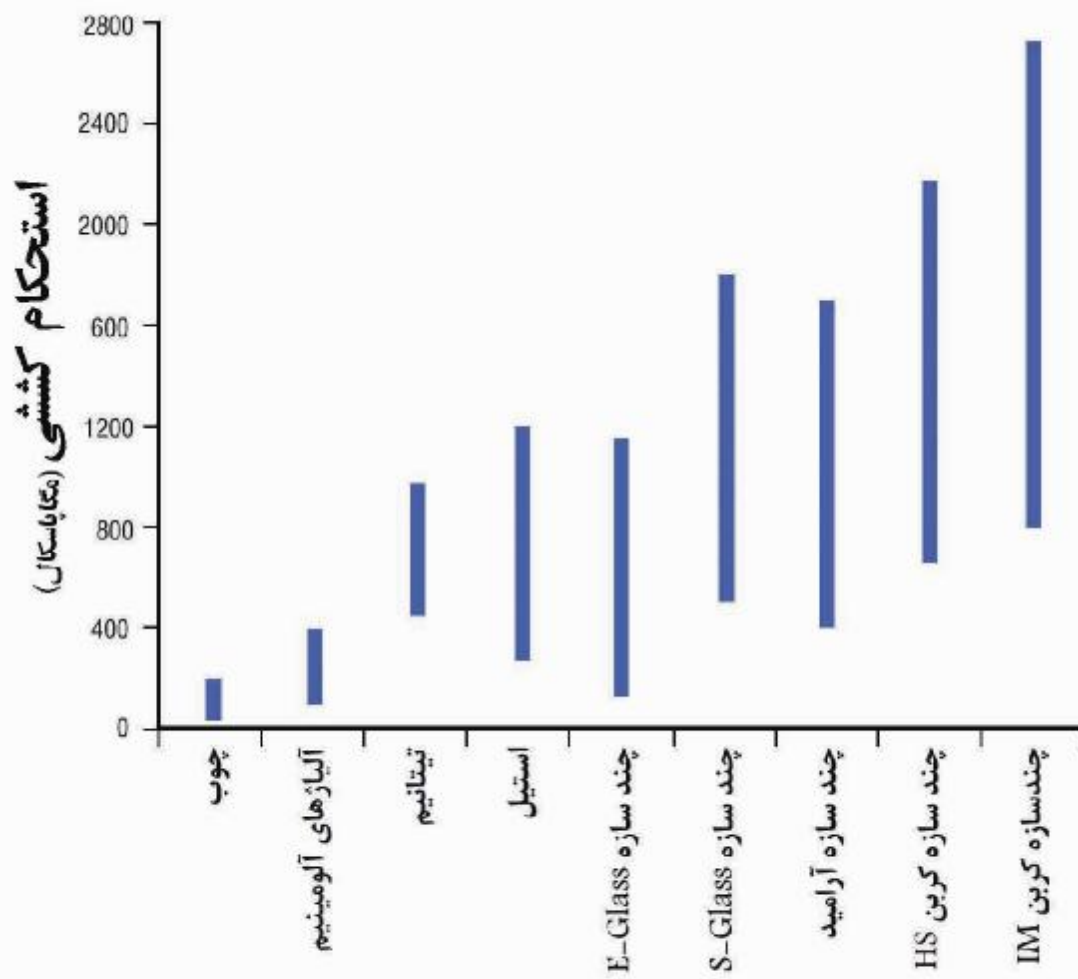
نیروهای خمشی در حقیقت ترکیبی از نیروهای برشی، فشاری و کششی می باشند. همانطور که دیده می شود در حین وارد آمدن این نیرو، سطح بالایی به سمت داخل فشرده می شود و سطح زیرین دچار کشش می گردد و قسمت مرکزی چند لایه تحمل نیروی برشی را تجربه می کند.



۱,۳ : مقایسه با مواد دیگر سازه ای

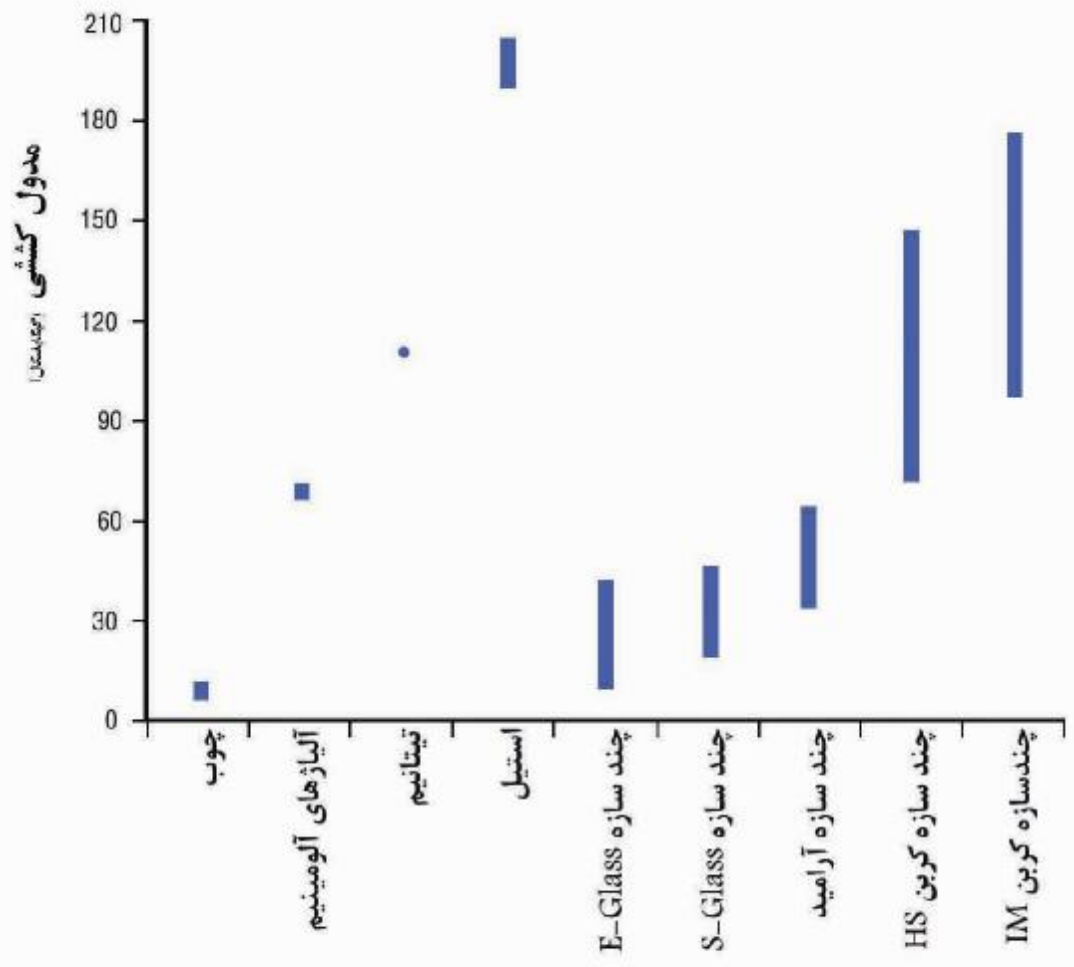
به دلیل عوامل فوق الذکر محدوده بزرگی از خواص مکانیکی توسط چند سازه ها قابل دستیابی می باشد. حتی با در نظر گرفتن یک مدل الیاف خواص ، ملاحظه می نمایم که خواص چندسازه ساخته شده از آن می تواند با تغییر درصد الیاف و جهت آن تا ۱۰ برابر نیز متغیر باشد. بنابراین در نمودارهای مقایسه ای که در ذیل آمده است دامنه ای از خواص مکانیکی چند سازه ها نشان داده شده است. پایین ترین خواص چند سازه ها در فرایندهای تولید ساده با انواع مواد (مثل لایه گذاری دستی الیاف شیشه) و خواص بالاتر با تکنولوژی پیشرفته تر تولید (همانند روش تولید با الیاف شیشه تک جهت پیش آغشته با دستگاه قالب گیری اتوکلاو) مانند سازه هایی که در صنایع هوایی یافت می شوند، به دست می آیند.

در نمودارهای ارائه شده در ذیل سعی گردیده برای سایر مواد نیز دامنه ای از استحکام و سفتی (مدول) نشان داده شود که معرف گستره خواص آلیاژهای هر یک از مواد مورد نظر باشد :

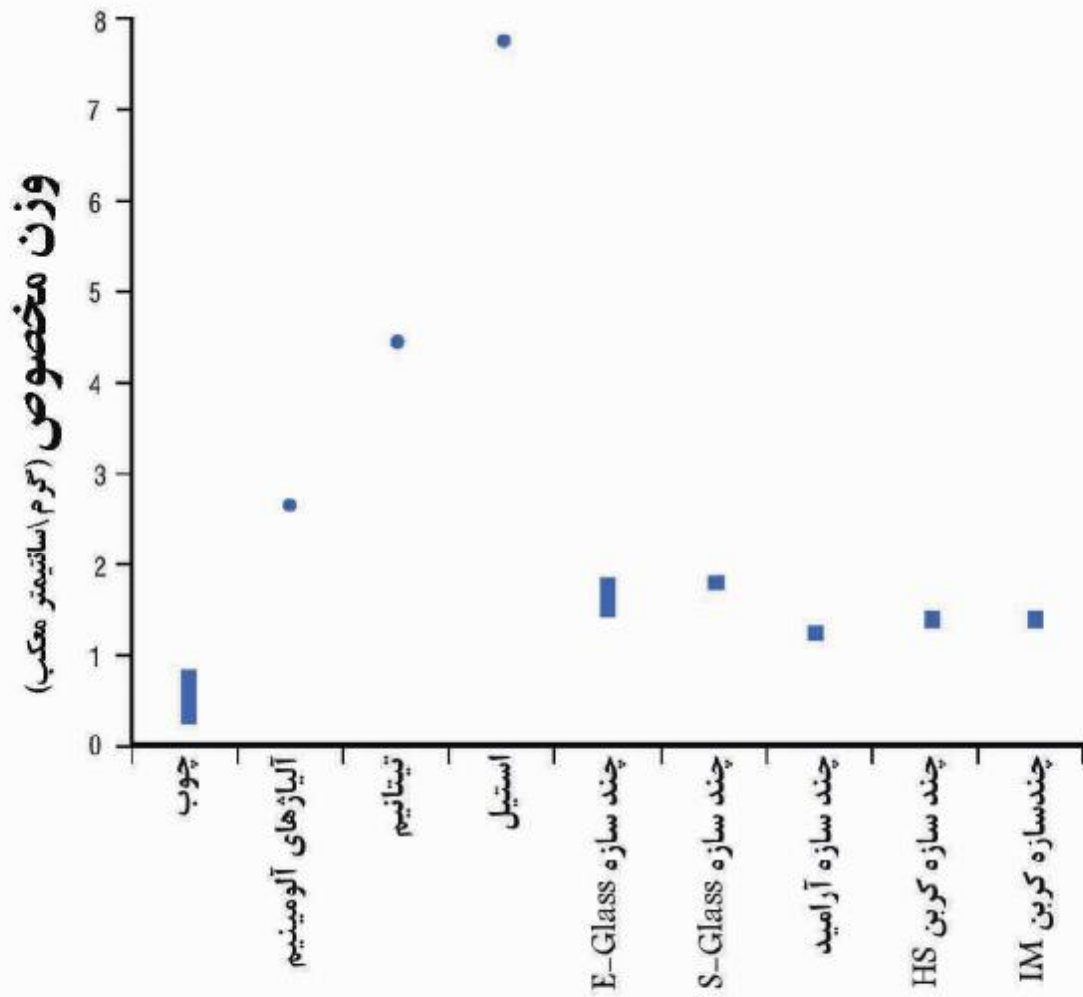


استحکام کششی مواد سازه ای مرسوم

شکل ۶



مدول کششی مواد سازه ای مرسوم
شکل ۷

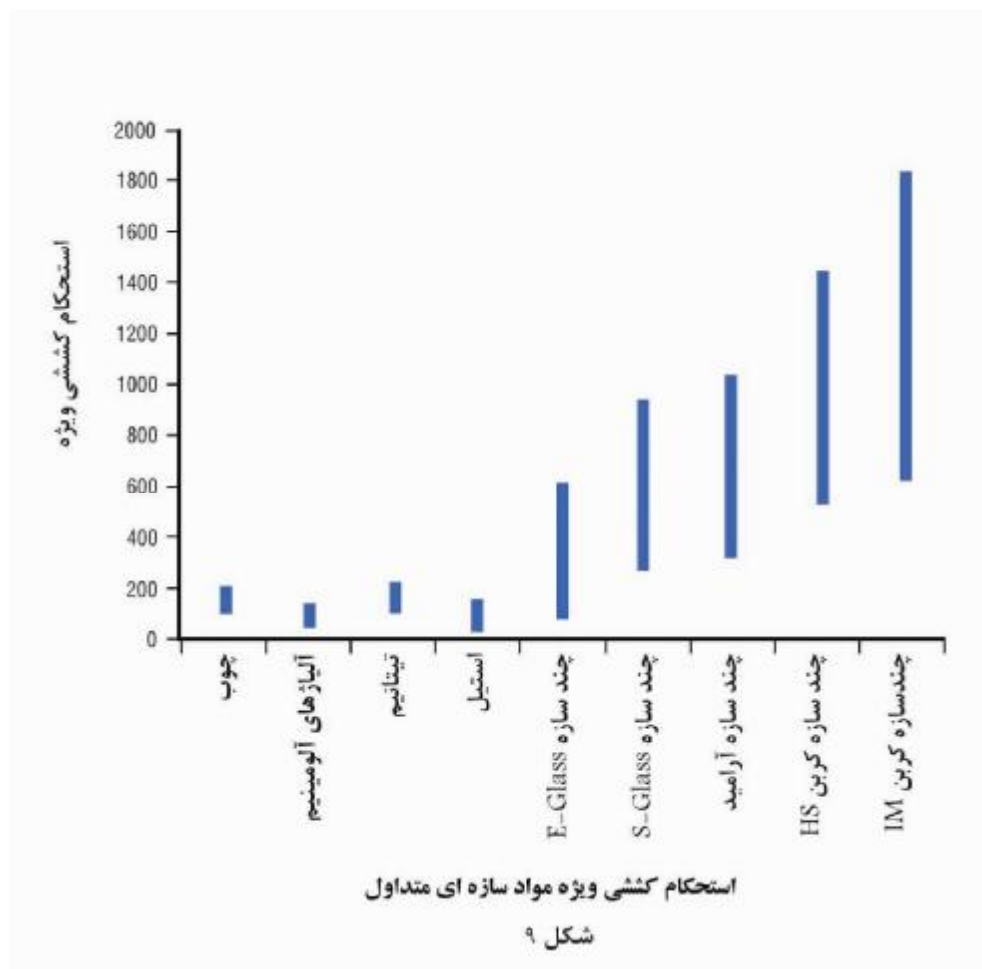


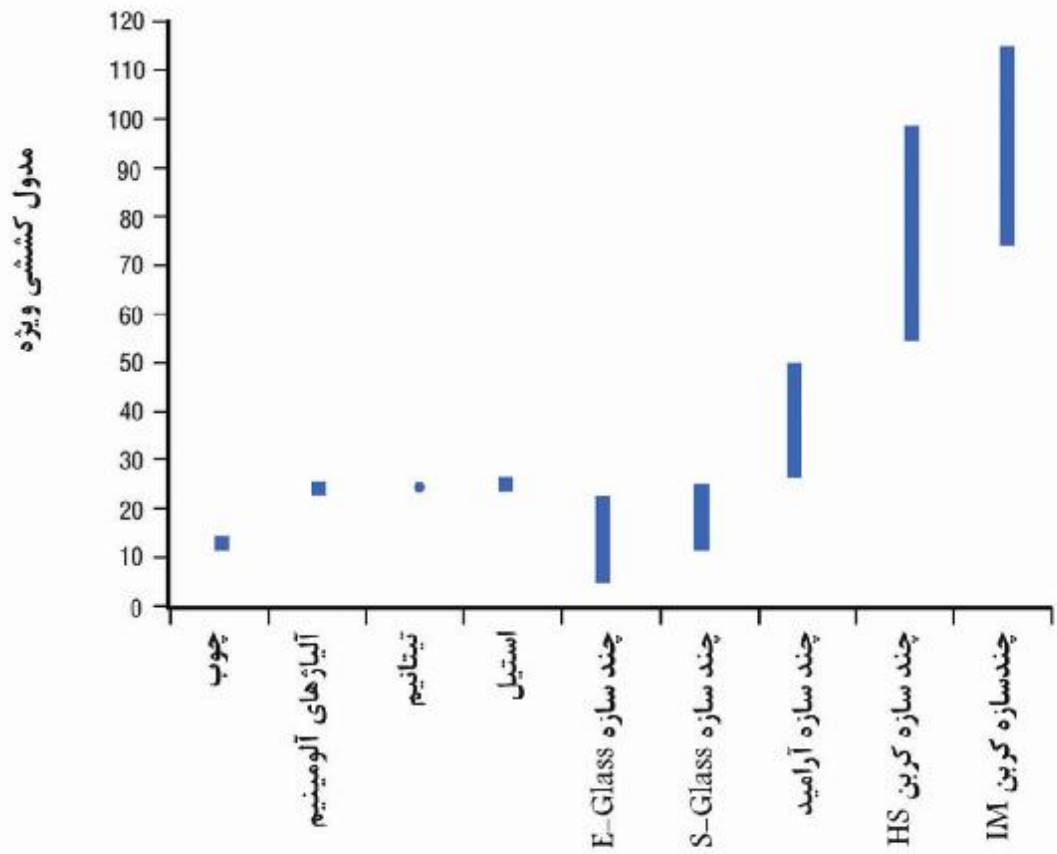
اوزان مخصوص مواد سازه ای متداول

شکل ۸

نمودارهاي بالابه طور واضح محدوده خواص مواد مختلف چند سازه را نشان مي دهد. بصورت كلي، اين خواص را مي توان به مجموعه اي از استحکام و سفتی بالا همراه با وزن مخصوص پايين، جمع بندی نمود. اين خواص هستند که موجب ویژگی منحصر به فرد چند سازه ها که همانا بالا بودن نسبت استحکام وسفتي به وزن مي باشد را نتیجه داده و آنها را به سازه هاي ايده آلي برای مصارف گوناگون مبدل ساخته اند. مزيت فوق مخصوصاً در مصارف حمل و نقل مانند اتومبيل ها، قطارها و هواپيماها بيشتتر نمود پيدا ميکند از اين جهت که سازه هاي سبکتر در چنين کاربردهايی تأثيرات بيشتري را در ساختن محصول بهينه ايفا ميکنند.

نمودارهاي بعدي نسبت استحکام وسفتي به وزن را بصورت خواص "ويژه" نمايان مي سازند. اين خواص ويژه، به زبان ساده، حاصل تقسيم خواص مکانیکی مواد، بر وزن مخصوص خودشان است. در نمودارهای قبلی، اعداد مربوط به بالاترين حد از گستره خواص، متعلق به نمونه هایی با بيشتترين تغييرات در وزن مخصوص مي باشد. گستردگی خواص ويژه در نمودارهای ذيل نمايانگر همين حالت مي باشد.





مدول کششی ویژه مواد سازه ای متداول

شکل ۱۰