

گروه های مواد مهندسی :

(1) فلزات :

رایج ترین مواد مهندسی دارای استحکام مناسبی هستند فلزات می باشند فلزات دارای سختی، مقاومت پایه ای حرارتی، اتصال حرارت و اتصال الکتریکی بالایی باشند اما عیب اصلی این گروه از مواد تنگی نسبی آنها نسبت به گروه های دیگر مواد مهندسی است.

(2) پلاستیک (پلیمرها) :

پلاستیک گروهی از مواد مهندسی هستند که از حیدرکربن تشکیل شده اند. مشخصه اصلی قطعات تولید شده از پلاستیک ارزان بودن آنهاست زیرا قطعات پلاستیکی برآفتی و تجهیزات ساده قابل تولید هستند عیب اصلی پلاستیک پایه ای حرارتی پایین و استحکام نسبتا کم آنهاست. اکثر پلاستیک باید در دمای کمتر از 100°C استفاده شوند زیرا اکثری از پلاستیک های پیشرفته می توانند در دماهای بالاتر نیز مورد استفاده قرار گیرند. دمای ذوب پلاستیک نسبت به فلزات بسیار کمتر است.

(3) سرامیک :

سرامیک اغلب نمونه های بتن ملکولی قوی دارای سختی و استحکام و پایه ای حرارتی بسیار خوب می باشد. سرامیک در میان گروه های مختلف مواد دارای بیشترین سختی هستند ولی عدم گسیل پذیری آنها باعث ترد بودن و شکنندگی آنها شده است و کاربرد آنها را محدود کرده است. مزیت سرامیک این است که مقاومت خوبی را در دمای حرارت های بالا نشان می دهند و مقاومت به ایست بر مقاومت به خوردگی در برابر مواد شیمیایی را از خود نشان می دهند. روش تولید قطعات سرامیکی کاربرد آنها را محدود کرده است زیرا برای تولید قطعات سرامیکی نیاز به وسایل متفاوت در برابر حرارت های بسیار بالا احساس می شود.

(4) مواد مرکب :

مواد مرکب از ترکیب حداقل دو ماده از دو نوعی ذکر شده در بالا است می باشد. هدف از ساخت مواد مرکب جبران ضعف های گروه های اصلی مواد بوده است. برای مثال سرامیک دارای استحکام بالا هستند ولی شکنندگی کاربردشان محدود شده است. اما وقتی الیاف سرامیکی درون زمینه پلیمری قرار گیرند پلیمر از آنها در برابر ضربه ها محافظت می کند و از طرف دیگر ضعف پلیمرها

که استحکام پاشن آن نیست چنان می شود

خصوصیات مواد مرکب:

- (1) مقاومت
- (2) سختی
- (3) وزن کم
- (4) مقاومت در برابر سایش
- (5) خوردگی

الیاف:

مواد مختلف وقتی به شکل الیاف با هم ترکیب می شوند مقاومت و سختی بیشتری را نسبت به حالت حجم از خود نشان می دهند. الیاف بور در تمام استفاده از مواد مرکب با زمینه پلیمری به کار گرفته شده اند و علت هزینه بالا کار برد آنها توسط پیه اندوده پس الیاف دیگری همانند الیاف کربن، الیاف شیشه و الیاف آرامید خلا الیاف بور را پیکرده اند و مهم ترین الیاف استفاده شده در مواد مرکب در سالیان گذشته بوده اند.

الیاف کربن:

در سازه های کم محدودیت وزن دارند الیاف کربن بهترین کارایی را از خود نشان می دهند. از این رو صفت موافقا بهترین استفاده از این الیاف به عمل آورده است. حدود 40٪ بازار الیاف کربن به صفت موافقا اختصاص دارد و پس از آن هم وسائل و روشی جایگزین دوم را دارد.

الیاف شیشه:

از سال 1950 الیاف شیشه مورد استفاده قرار گرفته اند. سلیکا (SiO_2) بنیول اساس انواع شیشه های تجاری مورد استفاده قرار گرفته است. سلیکا ذوب نمی شود و با افزایش دما حرارت ذوب شده در 2000°C تجزیه می شود.

4. نوع از الیاف شیشه وجود دارد:

A: عمومی هستند و اولین نوع الیاف شیشه بوده و هنوز هم برای اکثر کاربردها بصورت محدود از آنها استفاده می شود.

S: نوع سازه ای الیاف شیشه است که دارای مقاومت بالایی می باشد.

E: الیاف الکترونی معروف است و بیشتر کاربرد را در صنایع الیاف شیشه دارای می باشد.

C: الیاف بیضیانی هستند که مقاومت به خوردگی بالایی دارند.

نوع S	نوع C	نوع E	مقی (GPa)
86	69	72.4	
4590	3160	3450	مقاومت (MPa)
	10 - 80		قیمت (\$/kg)

الیاف پلیمری:

استفاده از الیاف پلیمری به جهت دستیابی به الیافی با مقاومت و سختی بالا پدیداری شده است.

مهمترین نوع الیاف پلیمری الیاف آرایه هستند و معروفترین نوع الیاف آرایه الیاف کولاری می باشد که در سال 1968 بصورت مصنوعی تولید شده است. مهمترین استفاده الیاف کولار در حلقه ها و پوشش های ضد گلوله می باشد. دانسته الیاف کولار پایش تر از الیاف شیشه و کربن بوده و از این رو کاربرد آئی بالاتری از جهت ثبت استحکام به وزن و سختی به وزن دارای می باشد.

الیاف کولار انرژی ضربه ای را بخوبی جذب می کنند و زیر اسطح زیر مقی تنش کنش بسیار بالایی دارند. از این رو در سازه های که تحت بار ضربه ای قرار دارند مانند حلقه های ضد گلوله از آنها استفاده می شود. مشکل اصلی این الیاف مقاومت کم آنها در برابر عوامل محیطی و همچنین نداشتن سختی سطحی بالایی آنها برش آنها مشکل است.

کربن	کولار 49	کولار 29	مقی (GPa)
300	131	62	
5000	3792	2760	مقاومت (MPa)
40 - 200	50 - 150		قیمت (\$/kg)

ماتریسها :

معمولاً جیب یا رزین نقش ماتریس را در اغلب سازه‌های مرکب بر عهده دارد. حدود 30 تا 50٪ حجم یک ماده مرکب را ماتریس تشکیل می‌دهد. در حقیقت ماتریس باعث ثبات شکلی سازه مرکب می‌شود و الیاف را در جهات مورد نظر نگه می‌دارد. همچنین ماتریس الیاف را در مقابل حملات محیطی و شیمیایی محافظت می‌کند. معمولاً محدودیت‌های رزین باعث محدودیت استفاده از ماده مرکب می‌شود. مثلاً مقاومت کم رزین در برابر رطوبت ماده مرکب را محدود به سازه‌های خاصی می‌نماید. رزین‌ها به عنوان قیرموت و ترموپلاستیک تقسیم می‌شوند که به اختصار آنها را در خواص و دانسیته و در ترموستها پس از فراوری قابل بازیافت از طریق گرم کردن نمی‌باشند و در دمای بالا غریزی می‌شوند از طرف دیگر ترموپلاستیکها می‌توان با ذوب کردن بازیافت نمود.

{ ترموپلاستیک (گرم خنرم)
{ ترموست (گرم سخت)

ترموستها :

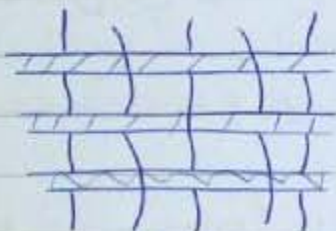
رزین‌های ترموست متداولترین نوع رزین مصرفی در مواد مرکب می‌باشند. ویژگی‌های پائین، آغشته سازی الیاف و حرارت نسبتاً کم دلیل اصلی استفاده از این نوع رزین‌ها می‌باشند. مشخصه دیگری رزین‌های ترموست پایداری ابعادی، سختی مناسب و مقاومت در برابر حلال‌های می‌باشند. رزین اپوکسی بهترین کاربرد ها را در سازه‌های مرکب دارد. انواع دیگر رزین‌های ترموست عبارتند از: پلی استر، وینیل استر و پلی امید.

ترموپلاستیکها :

رزین‌های ترموپلاستیک شکلی پذیرا از رزین‌های ترموست می‌باشند و همانطور که گفته شد توان حرارت دوب می‌شوند و با خنک کردن می‌توان از آنها بهره برداری مجدد نمود. محدودیت اصلی استفاده از این رزین‌ها این است که برای عمل آوری به دمای حرارت و فشار بالا نیاز دارند. این رزین‌ها مقاومت گرمایی کمی دارند و در حرارت بالا مقاومت خود را از دست می‌دهند. از رزین‌های ترموپلاستیک می‌توان به نایلون، پلی کربنات، پلی پروپیلن اشاره کرد.

پارچه‌ها:

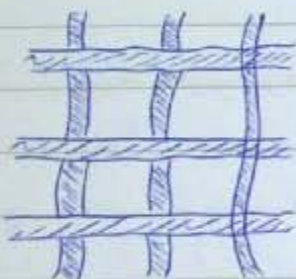
الباف را می‌توان صورت مستقیم یا صورت پارچه مورد استفاده قرار داد. پارچه‌ها به دست‌های تقسیم می‌شوند. دست اول پارچه‌های یک جهت هستند که شش‌ه‌های مکانیکی را در یک جهت تقویت می‌کنند. تعبیر دیگر الباف جهت اصلی لب‌خوان تار و الباف غیرماده‌ای لب‌خوان بود استفاده می‌شوند که صرفاً جهت نگهداری الباف اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



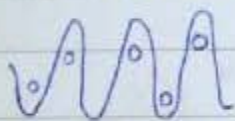
«پارچه‌های یک جهت»

دست دوم پارچه‌هایی می‌باشند که از الباف تقویت کننده لب‌خوان تار بود استفاده می‌کنند. این دست به پارچه‌های سطح متروقه که در آنها الباف تار بود با هم برابر هستند و صورت کلی زیر و یکی رو بافتی شوند. این دست از پارچه‌های پارچه‌های تویی نیز مشهور هستند.

دست سوم پارچه‌هایی می‌باشند که علاوه بر الباف جهت اصلی با استفاده از یک سری از الباف کوتاه در جهت عم نیز تقویت می‌شوند که پس از آغشته سازی با این الباف کوتاه در جهت عم سفت‌تر و در نهایت ایجاد سفتی جنبی می‌نمایند.



«پارچه‌های سطح»



«بافت سه بعدی»

اولویت از جهت ماده‌ای و مقاومت:

الباف یک جهت
پارچه یک جهت
پارچه سطح
بافت سه بعدی

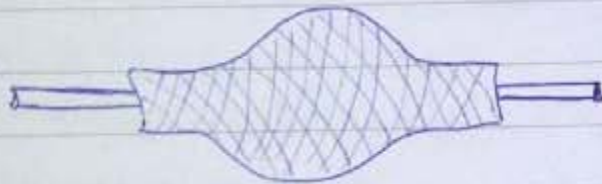
پیش آغشته ها: Prepregs

پیش آغشته ها یکی از غفلت مواد مرکب می باشند که از استحکام کردن الیاف و پاره ها با رزین حاصل می شوند و برای استفاده های بعدی در شرایط خاصی نگهداری می گردند.

معمولاً مواد مرکب بصورت نوارهای آغشته شده با رزین و استفاده از الیاف صاف و دارای بالاترین خواص هستند و این پیش آغشته ها نوارهای یک جهته نیز نامیده می شوند. پیش آغشته ها با رزینهای قیرمومست یا قیرموملاستیک می توانند آغشته شوند و در ضخامت های $\frac{1}{10}$ تا $\frac{25}{100}$ mm در ضخامت مختلف به کار روند با استفاده از صفحات پلاستیکی در دو سطح پیش آغشته آنها را آماده می نمایند.

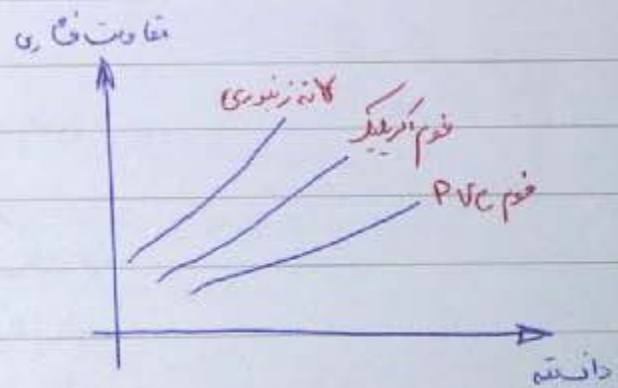
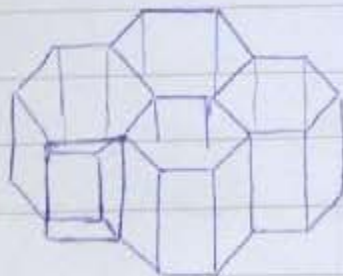
پیش شکل یافته ها: Pre Forms

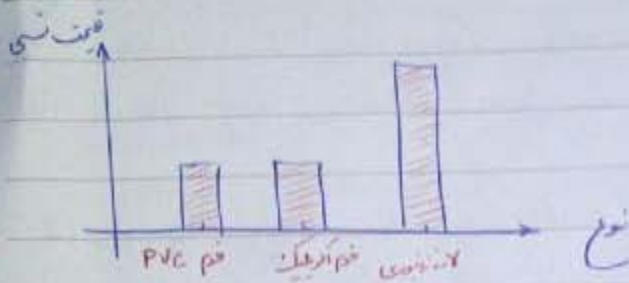
یکی دیگر از انواع مواد اولیه مورد استفاده در مواد مرکب پیش شکل یافته ها می باشند. در پیش شکل یافته ها الیاف بصورت ضخیم و دوپشته ای یا سه پشته ای شکل داده می شوند و در قالب مورد نظر قرار گرفته و آماده تر شدن رزین می گردند.



لانه زنبوری ها، فومها و مقبرها:

یکی دیگر از اجزاء مواد مرکب چینه لایه لانه زنبوریها و فومها می باشند. این مواد در سازه های سازه ای و در بین دو صفحه با مقاومت بالا جهت تأمین مقاومت حتمی مورد نیاز استفاده می گردند.





روشهای ساخت مواد مرکب:

روش ساخت مواد مرکب بسیار متنوع است و نحوه استفاده نهایی این مواد را باید به عبارت دیگر ساخت این مواد معمولاً بخشی از مراحل نصب و استفاده از آنها می تواند دربرگیرد.

۱) روش چیش الیاف "Filament Winding"

در این روش الیاف بصورت مستقیم مورد استفاده قرار می گیرد. الیاف پس از بار شدن از دو کمان مختلف ضمن عبور از یک مخزن حاوی رزین به رزین آغشته می شوند سپس این الیاف پس از گذشتن از این مخزن با یک جهت گردش رزین اضافه و بطوریکه کردن رزین به دور یک استوانه پیچیده و متعاقباً و سختی مناسب را بدست می آورند این روش بهترین کارایی سازه ای را می تواند ایجاد نماید و برای ساخت مخازن تحت فشار، لوله ها و دیواره موتورکها استفاده می شود.

مزایای روش چیش الیاف:

- ۱) سرعت این روش می تواند بالا باشد و هزینه اقتصادی است.
- ۲) آغشته سازی الیاف با رزین با دقت بالایی انجام می شود و در نتیجه ضمن داشتن کیفیت بالا رزین اضافه بکار برده نمی شود.
- ۳) به دلیل استفاده مستقیم از الیاف هزینه یارچیه ایجی حذف می شود.
- ۴) خصوصیات مکانیکی بر رزین مورد نظر و با دقت مکانیکی حاصل می گردد.

محدودت های روش چیش الیاف:

- ۱) این روش مغفره برای قطعات با شکل هندسی محدب قابل استفاده است.
- ۲) الیاف بر رزینی نمی تواند در جهت طولی خواص بالنده شود.

(3) هزینه استوانه وسطی قفل است بزرگ صلیب است.

(4) اثر خارجی در سطح خارجی توسط قالب حاصل می شود ظاهری نامناسب خواهد داشت.

(2) روش پولتروژن « pultrusion » :

این روش به واسطه روش استروژن در فلزات می باشد که مغز به تین پر و فیله های مواد مرکب می شود در این روش مواد اولیه بصورت الیاف از دوک باز شده و بعد از نظم آنها تحت حرارت اولیه قرار می گیرند پس از این تحت فشار الیاف را از غشیه ساخته و از قالب مورد نظر که گرم شده است الیاف به بیرون کشیده می شوند. بعلت انقباض پذیری مواد در این حالت، الیاف بر اثری در کنار هم قرار گرفته و شکل مورد نظر را ایجاد می کنند. در نهایت پر و فیله در طولهای استاندارد برش خورده و آماده بهره برداری می گردد.

مزایای روش پولتروژن :

(1) این روش می تواند سرعت زیادی داشته باشد و از این جهت اقتصادی است.

(2) در صد ضربه با دقت قابل کنترل است.

(3) چون از الیاف بطور مستقیم استفاده می شود هزینه بافت وجود ندارد.

(4) چون الیاف در یک راستا بوده و در صد الیاف نیز بالایی باشد خصوصیات سازه ای خوبی را ایجاد می کند.

محدودیت های روش پولتروژن :

(1) مقطع ثابت است.

(2) هزینه گرم کردن قالب بالایی دارد.

(3) روش SMC "Sheet Molding Compound"

در این روش الیاف خود شده بصورت تصادفی روی سطح چسبی می شوند و با رزین ترکیب می شوند. روش SMC می تواند بصورت پیوسته تولید صفحاتی با ضخامت 6mm نماید. این صفحات سپس رول شده و انبار می شوند. معمولاً 30/ وزن SMC را الیاف تشکیل می دهد.

- مزیت روش SMC سرعت بالا جهت تولید صفحات مرکب و در نتیجه هزینه کم آن است.

- محدودیت این روش در مقاومت سازه ای پایش و تحملی تولید شده می باشد.

(4) روش پاشش الیاف :

در این روش همانند روش SMC از الیاف کوتاه استفاده می شود و سپس الیاف کوتاه با رزین مخلوط شده و ترکیب رزین و الیاف روی سطح قالب پاشیده می شود. بنابراین نتیجه این روش قطعه تمام شده می باشد. از این روش با اهدافی که برای تولید قطعات با استحکام پاشش استفاده می شود. نمونه قطعات تولید شده عبارتند از: وان حمام، قابهای کوچک، بدنه کاروانها و ...

- مزیت این روش هزینه تمام شده نمونه دایر اکت پاشش می باشد.

- محدودتهای این روش عبارتند از:

- ① لایه ها رزین زیادی جذب می کنند و نتیجه سفتی می شود.
- ② دلیل استفاده از الیاف کوتاه، مقاومت مکانیکی کاهش می یابد.
- ③ لازمست دیکوزینه رزین هنگام پاشیدن کم باشد که باعث تغییرات در خصوصیات مکانیکی و حرارتی می شود.

(5) روش دستی :

در روش دستی رزین روی الیاف که به فرم یک جبهه یا چند جبهه بافته شده اند ریخته می شود و با استفاده از قلم مو یا غلطک چسبی می شود. بعد از آغشته سازی کامل لایه در فضای محیط رها می شود تا عمل آمده و سخت گردد. از این روش برای سازه های زیادی است که برای ساخت دیوارهای از قطعات مرکب استفاده می شود.

مزیت‌های روش دستی:

- ① اصول بارگیری ساده
- ② هزینه ابزارآلات پایین
- ③ دردمای محیط قابل اجرائی باشد.
- ④ می‌توان بر خلاف روش پاششی الیاف از الیاف بلند استفاده نمود.

عیب‌های روش دستی:

- ① دستیابی کامل به مهارت شخص اجراکننده دارد.
- ② نیاز به ملاحظات ایمنی خاطرهای متقاعد شده از رزین که برای سلامتی مضر باشد دارد.
- ③ رزین لازمست و سکوئینه نسبتاً پائینی داشته باشد (به حد کافی روان باشد) که می‌تواند باعث تغییرات در خواص مکانیکی و حرارتی گردد.

⑥ روش انتقال رزین در قالب « RTM » :

« Resin Transfer Molding »

در این روش پارچه‌های طبع قالب قرار داده می‌شوند و سپس قالب دوم روی قالب اول چسبی شود و رزین بین دو قالب تزریق می‌شود. همچنین از طرف دیگر قالب می‌توان ایجاد خلأ کرد تا رزین به شکل بهتری به تمام نقاط پارچه برسد. عمل آوری در این روش هم می‌تواند در دمای محیط انجام شود و هم با اعمال حرارت صورت گیرد.

مزیت‌های روش RTM :

- ① دسه الیاف بالاست و حساب کمی وجود دارد.
- ② ایمنی و سلامت خوبی دارد.
- ③ هر دو طرف تقارن صاف و متناظر از سطح قالب می‌باشد.

عیب‌های روش RTM :

- ① هزینه ابزارآلات و قالب بالاست.

عمل آوری مواد مرکب "Curing" :

عمل آوری مواد مرکب به حکیم و پایداری مواد پلیمری ماتریس بستگی دارد. مواد مرکب با ماتریس فلزی به سادگی گرم شده و پس از قرار گرفتن در اطراف الکترود باعث استحکام می گردد. مواد مرکب با ماتریس ترموپلاست گرم و سخت متصلا میماند. حرارت جهت واکنش شیمیایی در سرعت بستن به این واکنش ندارند.

در حالت کلی اعمال درجه حرارت باعث کوتاه شدن زمان عمل آوری می شود. اعمال درجه حرارت در بعضی از مواد باعث اجتناب ناپذیری باعث مزایای زیر می شود:

(1) بعضی از سخت کننده ها نیاز به یک حداقل درجه حرارت برای ترکیب کامل دارند.

(2) حرارت باعث حرکت پذیری مولکولها و نتیجه ایجاد پیوندهای بهتر شیمیایی می شود.

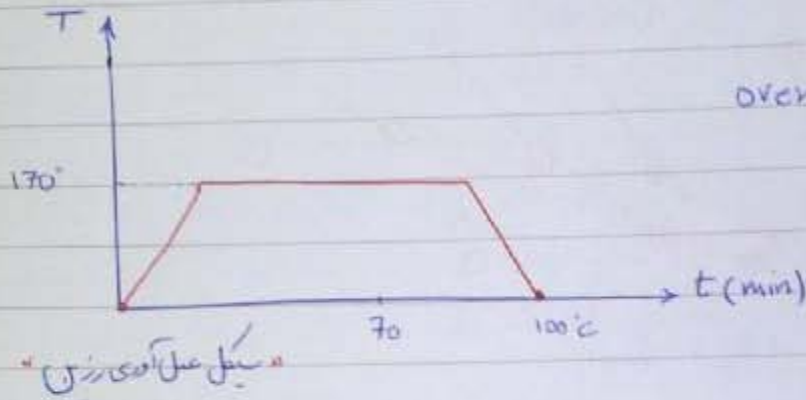
(3) مواد زائد افزودنی با حرارت عباز شده و همچنین دمای محلول بخار آب این مواد و بخار آب بصورت گاز در اثر حرارت تبخیر می شوند.

(4) حرارت به روانی زمین و توزیع بهتر آن کمک می کند.

(5) قابلیت واکنش شیمیایی بهتر جهت انرژی ساده تر و آسانی می باشد.

اپوکسی « Epoxy » :

اپوکسی ها معمولاً از 2 قسمت عبارتند که با خلوط کردن آنها واکنش شیمیایی صورت میگیرد.
مثال ساده این نوع اپوکسی ها انواع چسبهای معروف به دوقلوی باشند که یک بخش آن چسب و بخش دیگر آن عامل سخت کننده می باشد.

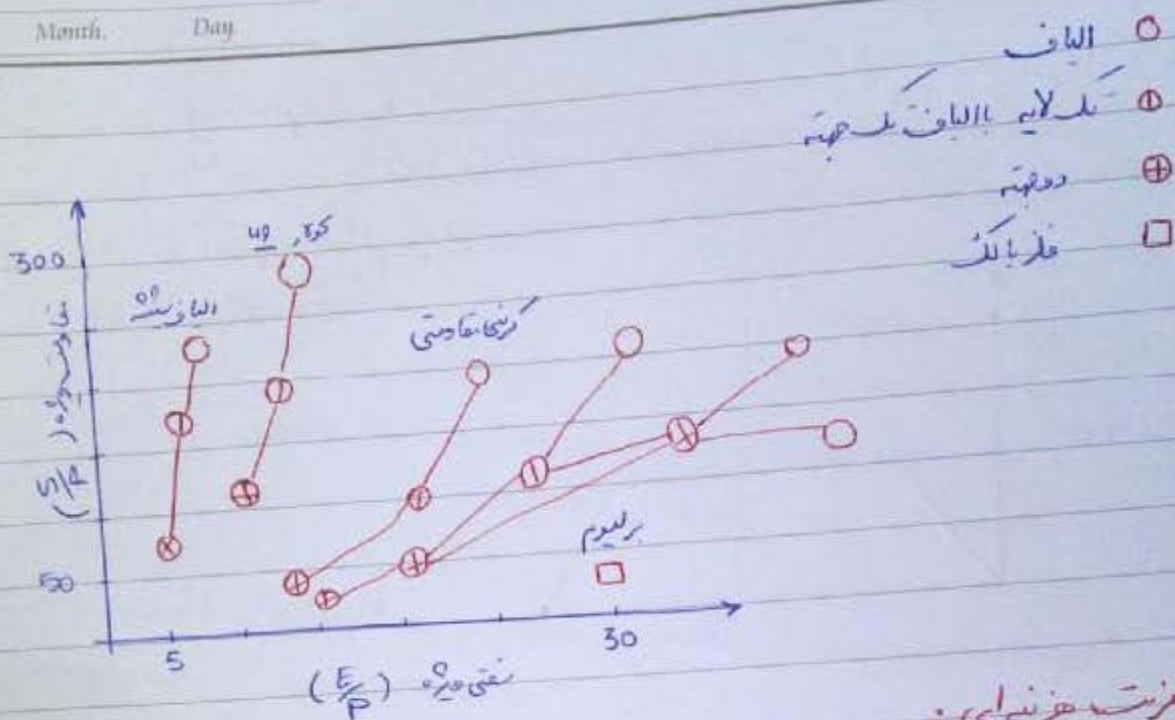


مزیت های مواد درکب :

- (1) مزیت مقاومت و سفتی
- (2) هزینه ای
- (3) وزن در عمل و سازه

(1) مزیت مقاومت و سفتی :

یکی از بهترین راه های تولید یک ماده از خالوهای مقاومت ویژه و سفتی ویژه می باشد و می باید در نظر داشت که این خالو ها به تنهایی ملاک نمی باشند پارامتر های دیگری از جمله مقاومت در برابر حرارت، چسبندگی و مواد شیمیایی و نیز به نظر کلی عواملی که منجر به هزینه و قیمت تمام شده کمتر می شود می شود در نظر گرفته شود. الباقی به تنهایی نمی تواند در یک سازه به کار گرفته شوند و استفاده از مانتوس به منظور کنار هم قرار دادن الباقی ضروری می باشد. از طرف دیگر مواد درکب الباقی یک جهت دارایی سفتی و استحکام بالایی نسبت به الباقی رو تهیه می باشد در عمل نیاز به استفاده از لایه های مختلف یا از وای الباقی تفاوت برای استفاده در سازه ها ضروری و غیر قابل اجتناب است.



(2) مزیت هزینه ای :



مستوعلاً هزینه‌های عملیاتی سازه‌های مرکب کمتر از سازه‌های فلزی می‌باشد بنابراین بر اساس این کاهش هزینه‌ی توان به نسبت از این موارد هزینه اولیه بیشتری دارند استفاده نمود.

هزینه	نوع مواد	تعیینات	ماده مرکب (گرافیت - اپوکسی)
ظرفیت ماده خام	۸۰		
هزینه تراشکاری	بسیار ۸۰		بسیار کم
دور ریز مواد	زیاد		ضلعی کم
هزینه لایه گذاری	صفر		متوسط

(3) مزیت وزن:

نوع وسیله	قیمت کاهشی وزن (کیلوگرم) (X)
هوایما ی کوچک	55
هلیکوپتر	110
هوایما ی بزرگ و چلنده	440
سافری با موتور همت	1100
سفینه های مدار پایش	2200
شامل فضائی	33000

هر مقدار از وزن سازه کم شود مستقیماً روی مقدار سرعت وسیله تقلید هوای تأثیری ندارد و سرعت مصرفی را کاهش می دهد یا اینکه به مقدار مجاز برای بار قابل حمل وسیله اضافه می گردد از طرف دیگر کاهش وزن و سایل پیوندهای توانمند منجر به کاهش نیروی رانش مورد نیاز موتور و سطح بال و وسیله گردد از این رو استفاده از مواد مرکب در سازه های هوایی بسیار مقرون به صرفه می باشد.