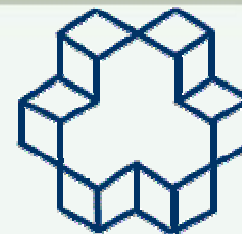




Company Logo

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی مواد



کامپوزیت ها (مواد مرکب)

جلسه سوم
(مطالبی در خصوص زمینه و تقویت کننده)

دکتر رضا اسلامی فارسانی



خواص مورد نیاز زمینه (وظایف زمینه):

- حفظ سطوح الیاف در برابر خسارات وارده و چسباندن و پیوند الیاف
- پراکنده سازی: توزیع الیاف و جدا کردن یکنواخت آن برای جلوگیری از رشد ناگهانی ترک.
- انتقال تنش از طریق چسبندگی و یا اصطکاک.
- سازگاری با الیاف برای مدت طولانی از نظر شیمیایی.
- سازگاری با الیاف از نظر حرارتی و نزدیک بودن ضرایب انبساط حرارتی و عدم واکنش با هم در دمای بالا.



خواص مورد نیاز الیاف (وظایف الیاف):

- مدول یانگ بالا (سفتی بالا)
- استحکام نهایی بالا
- حداقل تغییرات در استحکام بین الیاف (همه از یک ماده اولیه و تحت یک فرآیند ساخته شده باشند و استحکام آن معادل باشد).
- حفظ پایداری و استحکام در حین ساخت و استفاده
- یکنواختی قطر و سطح الیاف



تقویت کننده ها

ماده تقویت کننده معمولاً چقرمه و مستحکم است اما با این حال از استحکام و مدول کشسانی بالای این مواد از طریق ساخت قطعات به تنهایی و فقط از ماده تقویت کننده استفاده نمی شود.

مثلاً قطعات ساخته شده از کاربید سیلیسیم و یا آلومینا با مشکل تردی و شکنندگی همراه هستند. اگر چه این مواد قادرند تنش زیادی را تحمل نمایند ولی به هنگام شکست به شکل فاجعه انگیزی و بدون اخطار قبلی دچار شکست می شوند. این شکست ناشی از ترک های ریز با اندازه های مختلف در سطح است. شکست از ترک ها و نواقصی که دارای اندازه بزرگتری هستند آغاز می شود.

هر چه اندازه نقص ها و ترک های ریزی که منشا شکست هستند بزرگتر باشد استحکام شکست کمتر خواهد بود.

هر چه حجم ماده کمتر باشد متوسط اندازه ماکزیمم نقص ها نیز کمتر و استحکام بیشتر خواهد بود.

تقویت کننده ها



اگر ماده تقویت کننده به صورت الیافی باشد، انعطاف پذیری حائز اهمیت است.

انعطاف پذیری الیاف ($El.$) به مدول یانگ (E_f) و قطر آن (D) بستگی دارد.

$$El. \propto \frac{1}{E_f D^4}$$

براساس رابطه فوق، الیاف ضخیم و دارای مدول یانگ بالا انعطاف پذیر نیستند.

تقویت کننده ها



مقدار ماده تقویت کننده ای که می تواند در زمینه قرار گیرد توسط برخی از عوامل محدود می شود. البته حداقل مقدار نیز محدودیت دارد و بجز نانوکامپوزیت ها، عموماً حدود 4-5 درصد است.

در مواد مرکب تقویت شده ذره ای میزان ماده تقویت کننده کمتر از 40% حجمی است که این محدودیت ناشی از مشکلات تولید و افزایش میزان تردی است.

در این کامپوزیت ها، ذرات در برابر حرکت نابجایی ها و سیلان ماده و تغییر شکل، مقاومت نشان می دهند. ذرات تقویت کننده بار عمده را تحمل نمی کنند (حداکثر 20-30 درصد) و بقیه را زمینه تحمل می کند. لذا عموماً در کامپوزیت های ذره ای، زمینه از مواد با استحکام بالا (نظیر فولاد) انتخاب می شود.



تقویت کننده ها

در مواد مرکب تقویت شده با الیاف بخصوص در پلیمرهای تقویت شده با الیاف می توان ماده مرکبی با درصد بیشتر تقویت کننده (در حدود 70% حجمی) ساخت. این محدودیت نیز ناشی از جلوگیری از تماس الیاف با یکدیگر و جلوگیری از خسارت وارد به آنها است.

در این کامپوزیت ها، با اعمالی به کامپوزیت از طریق زمینه به الیاف منتقل شده و تقریباً تمام بار اعمالی را الیاف تحمل می کند، لذا الیاف باید دارای استحکام و مدول بالا باشد. زمینه نیز عموماً از مواد با استحکام پایین (نظیر پلیمر) است.

عوامل مشخص کننده خواص



خواص ماده مرکب و نحوه ساخت آن تقریباً تحت تاثیر نسبت دو جز زمینه و تقویت کننده و نیز خواص آنها می باشد.

نسبت دو جز زمینه و تقویت کننده را می توان از دو طریق بیان نمود:

$\dot{u}$ کسر وزنی W_i

$\dot{u}$ کسر حجمی n_i

$$v_m = \frac{V_m}{V_c}$$

$$\omega_m = \frac{W_m}{W_c}$$

$$v_f = \frac{V_f}{V_c}$$

$$\omega_f = \frac{W_f}{W_c}$$

m نمادی برای زمینه
f نمادی برای تقویت کننده
C نمادی برای کامپوزیت

W و V به ترتیب نشان دهنده وزن و حجم یک جز هستند.

عوامل مشخص کننده خواص



$$M_c = M_f + M_m$$

$$\rho_c V_c = \rho_f V_f + \rho_m V_m$$

$$\rho_c = \rho_f \frac{V_f}{V_c} + \rho_m \frac{V_m}{V_c}$$

$$\rho_c = \rho_f v_f + \rho_m v_m$$

$$V_c = V_f + V_m$$

$$\frac{M_c}{\rho_c} = \frac{M_f}{\rho_f} + \frac{M_m}{\rho_m}$$

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{1}{\rho_f} \frac{M_f}{M_c} + \frac{1}{\rho_m} \frac{M_m}{M_c}$$

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{\omega_f}{\rho_f} + \frac{\omega_m}{\rho_m}$$

طبق رابطه فوق چگالی ماده مرکب مجموع حاصلضرب کسر حجمی مواد متشکله در چگالی هایشان است.

این معادله تحت عنوان قانون مخلوط ها شناخته می شود.



عوامل مشخص کننده خواص

از آن جایی که اجزای یک ماده مرکب به گونه ای عمل می کنند که تاثیر متقابلشان بر خواص نهایی ماده تاثیر گذار است بنابراین طبیعت کامل از قانون مخلوط را نمی توان انتظار داشت.

عوامل دیگری که می تواند بر خواص یک ماده مرکب اثر قابل ملاحظه ای داشته باشند شامل موارد زیر است:

شکل، اندازه، نوع، جنس، و نحوه چیدمان و توزیع فاز تقویت کننده
ویژگی های مختلف فاز زمینه
فصل مشترک زمینه و فاز تقویت کننده و ...

مطابق



خواص مواد مرکب الیافی

خواص مواد مرکب الیافی به عوامل زیر وابسته است:

شکل هندسی الیاف: هرچه تعداد ابعاد الیاف بیشتر باشد چون کسر حجمی و تراکم آن بالاتر است لذا استحکام آن نیز بالاتر خواهد بود (بهترین شکل، 6 ضلعی است).

قطر لیف: هرچه قطر لیف بالاتر باشد به علت افزایش میزان نواقص خواص افت پیدا می کند.

طول الیاف (الیاف کوتاه و بلند)

کسر حجمی الیاف: بهبود خواص با افزایش درصد حجمی الیاف

همسویی الیاف (در یک یا چند جهت منظم یا جهات اتفاقی)

تراکم چیدن الیاف: اگر فاصله الیاف دو برابر شعاع الیاف باشد بهترین وضعیت است.

مطابق

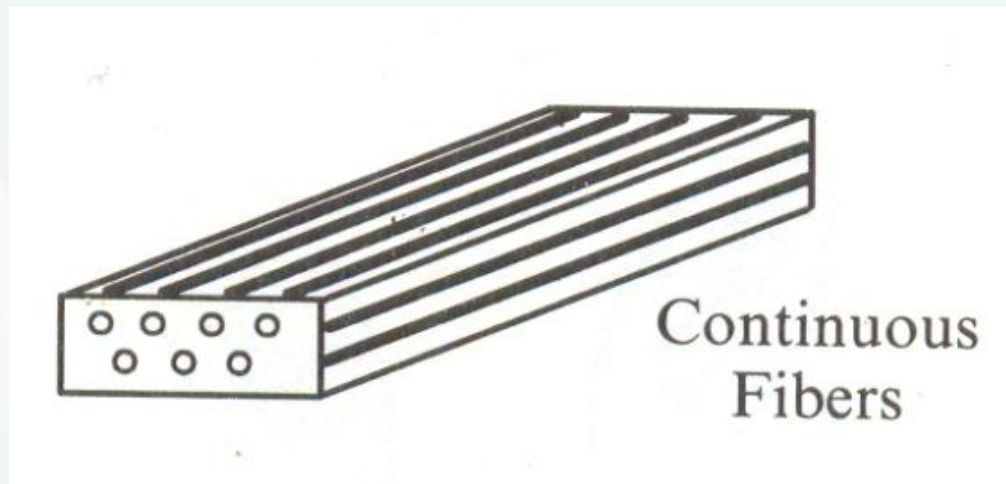
جهت در مواد مرکب الیافی



جهت 1: جهت طولی الیاف با بهترین خواص و مناسب برای بارگذاری

جهت 2: جهت عرضی الیاف

جهت 3: جهت ضخامت الیاف (که همان جهت ضخامت کامپوزیت است)





علل بکارگیری انواع مواد مرکب به شرح زیر است:

- افزایش سفتی، استحکام و ثبات ابعادی
- افزایش چقرمگی (استحکام ضربه)
- افزایش میرایی (جذب ضربات)
- کاهش نفوذپذیری با گازها و مایعات
- اصلاح خواص الکتریکی
- کاهش جذب آب
- کاهش انبساط حرارتی
- افزایش مقاومت به خوردگی و سایش شیمیایی
- کاهش وزن
- افزایش امکان بازیابی و بکارگیری مجدد و کاهش اثرات منفی و مضر بر محیط
- قابلیت بالا و انعطاف پذیری در طراحی
- افزایش دمای انحراف ناشی از حرارت

مطابق استاندارد