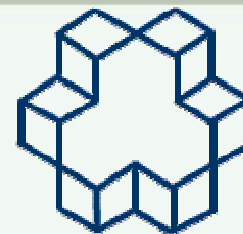




Company Logo

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی و علم مواد



کامپوزیت ها (مواد مرکب)

جلسه هفتم
(تقویت کننده های ذره ای و ویسکرها)

دکتر رضا اسلامی فارسانی



ویسکرها



نخستین بار Erker در سال 1574 در سنگ های سولفید تفره و مس رشد ویسکر (Whisker) را مشاهده کرد.

الیاف تک کریستال را ویسکر گویند که به علت عیوب کریستالی کم دارای خواص استحکامی بسیار بالاست. الیاف تقویت کننده معمولی، پلی کریستال یا امورف است، لذا استحکام بسیار کمتری از ویسکر دارد.

استحکام ذاتی ویسکرها در سال 1925 مشخص شد. همچنین اولین کامپوزیت با تقویت کننده ویسکری (ویسکر کاربید سیلیسیم)، در سال 1961 ساخته شد.

قطر و طول ویسکرها بسیار کمتر از الیاف می باشد. قطر آنها معمولاً 0/1-25 میکرون بوده و نسبت طول به قطر بسیار بالا (100-1500) دارند.

ویسکرها



حدود 100 ماده شامل بسیاری از فلزات و غیر فلزات نظیر اکسیدها، کاربیدها، نیتريد ها، هالیدها، گرافیت و ترکیبات آلی را می توان به صورت ویسکر تهیه نمود (نظیر SiC ، B_4C ، Si_3N_4 و ...).

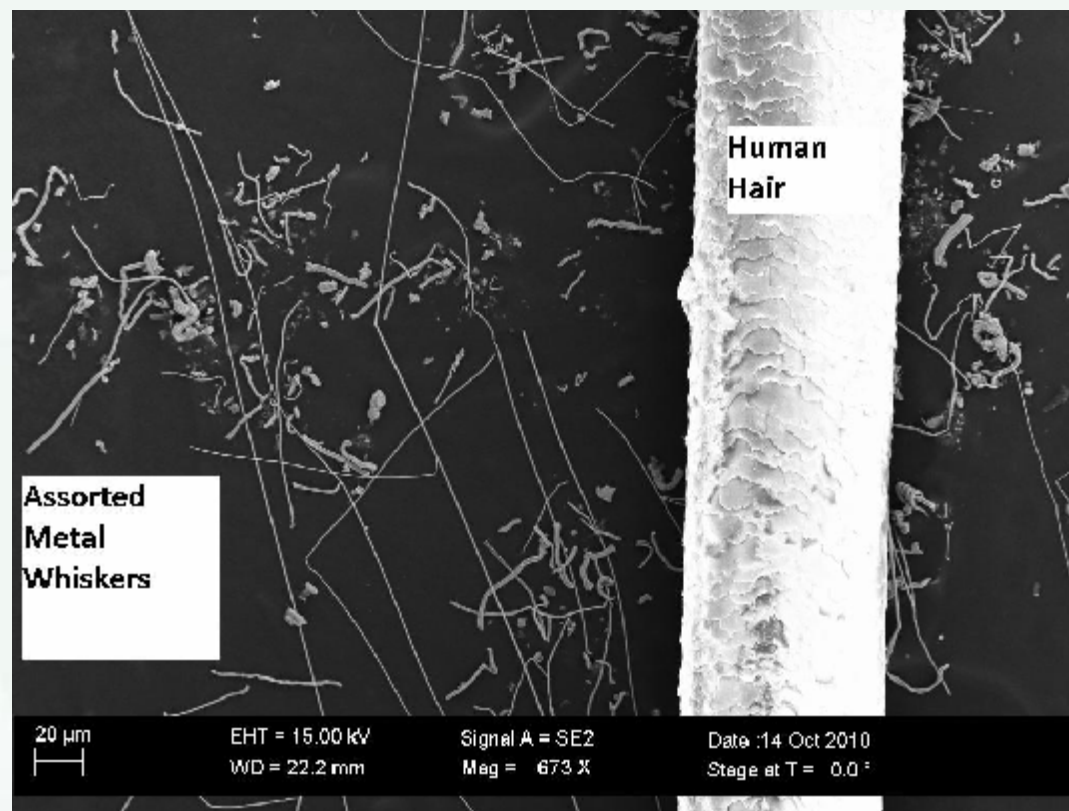
مصرف ویسکرها به علت روش های تولید خاص و گران قیمت، بسیار محدود است.

استحکام ویسکرها در برابر تنش به استحکام تئوری آنها نزدیک است که علت آن تقریباً بدون نقص بودن این رشته ها با ساختار بلوری نسبتاً کامل است.

ویسکرها



تصویر میکروسکوپی ویسکرهاي فلزی در مقایسه با موی انسان



ویسکر SiC

ویسکرها دارای استحکام بسیار بالاتری در مقایسه با انواع پلی کریستال از مواد مشابه هستند. در میان ویسکرهای تقویت کننده کامپوزیت ها، ویسکر کاربید سیلیسیم (SiC_w) پرمصرف ترین نوع است.

نوع تقویت کننده	استحکام
مفتول دانه درشت SiC با قطر ۱۰ میلیمتر	۱۰۰۰۰ psi
رشته الیاف پیوسته SiC با قطر ۱۰۰ میکرومتر	۴۰۰۰۰۰ psi
الیاف تک کریستال SiC با قطر ۳ تا ۵ میکرومتر	۴۰۰۰۰۰۰ psi



روش های تولید ویسکر SiC

روش فاز گازی

روش فاز مایع

روش فاز جامد

روش بخار - مایع - جامد (VLS)

روش پیرولیز سبوس برنج



روش فاز گازی

در روش فاز گازی، گازی حاوی کربن با گازی دیگر حاوی سیلیسیم واکنش داده و یا ویسکر مذکور از تجزیه یک گاز سیلیکون آلی حاوی Si و C حاصل می شود. نظیر تجزیه گرمایی CH_3SiCl_3 در دمای 1400 درجه سانتیگراد که ویسکر کاربید سیلیسیم جامد و گاز کلرید هیدروژن بدست می آید.



$$T = 1400^\circ\text{C}$$

روش فاز مایع

این روش مشابه فرآیند انجماد جهت دار در فلزات (آلیاژهای یوتکتیک) است که در آن ویسکر SiC در فاز مایع ایجاد شده و رشد داده می شود.



روش فاز جامد

در این روش، ویسکر SiC از واکنش مستقیم بین مواد جامد حاوی C و Si با عبور گازی نظیر آرگن، هیدروژن و یا نیتروژن و با استفاده از کاتالیزوری نظیر لانتانیم به عنوان مکان جوانه زنی حاصل می شود.

روش بخار - مایع - جامد

این روش شامل تشکیل مذاب از کاتالیزور جامد، نشستن اتم های کربن و سیلیسیم فاز بخار روی سطح کاتالیزور مذاب و رشد جامد SiC_w است.

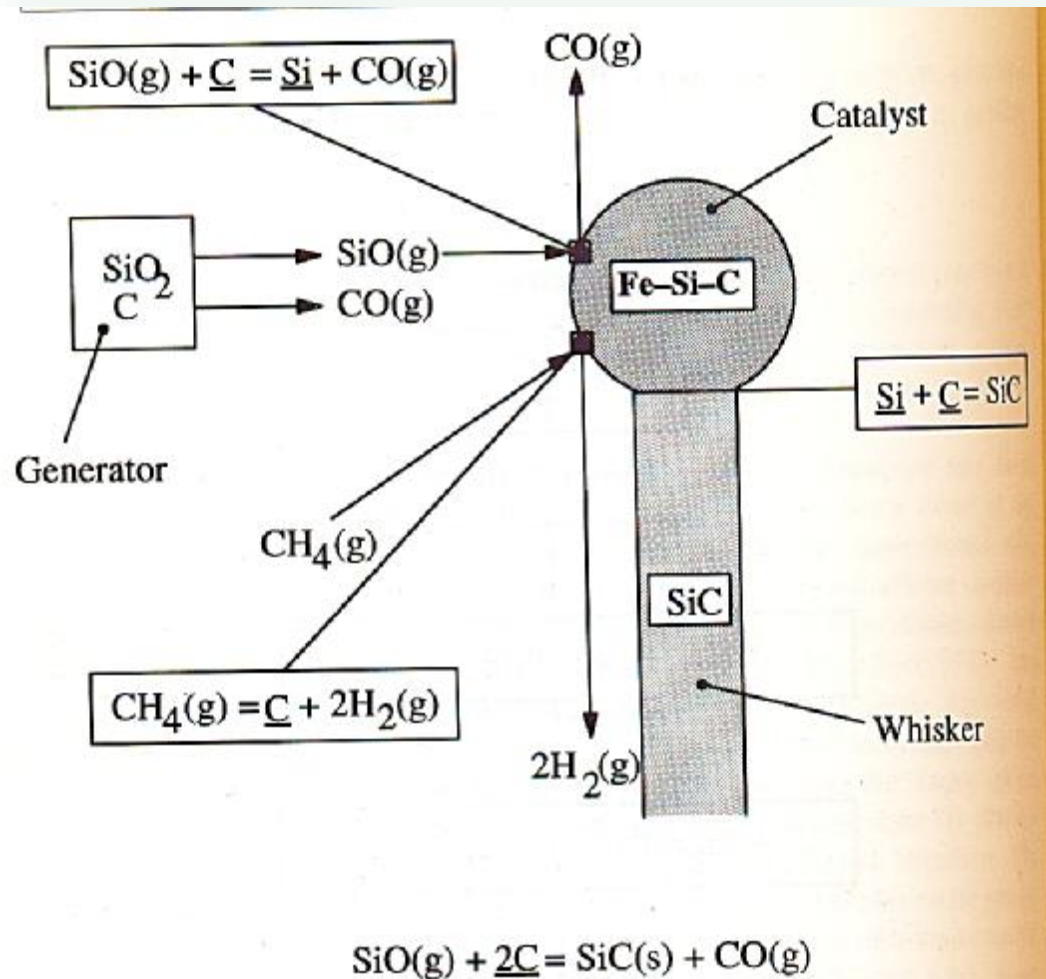


Fig. 3.43 Chemistry of the VLS SiC whiskers.

روش بخار - مایع - جامد

روش پیرولیز سبوس برنج

سبوس برنج حاوی سیلیکا (به صورت آمورف) و مواد آلی عمدتاً به صورت سلولز و درصد بسیار ناچیزی فلزات به صورت اکسید (کمتر از 1%) است. این روش شامل حرارت دهی سبوس برنج حاوی SiO_2 و C در دمای تا حدود 700 درجه سانتیگراد در محیط فاقد هوا جهت خروج مواد آلی به صورت مواد گازی و تولید خاکستر سیاه باقیمانده ای حاوی کربن و سیلیکا می باشد. این خاکستر در دمای بالا (بالاتر از 1200 درجه سانتیگراد) در محیط گاز خنثی

حرارت دیده تا با واکنش C و SiO_2 ، SiC به صورت مخلوط ویسکر و ذرات تولید شود. در ادامه می توان این دو ماده را از هم جدا کرد.



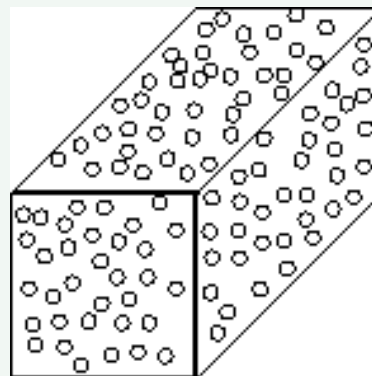
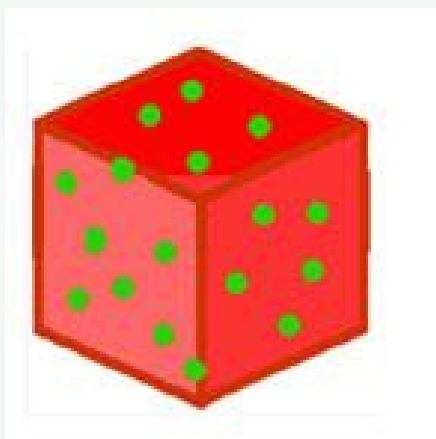
تقویت کننده های ذره ای



مصرف ذرات به عنوان تقویت کننده در مواد مرکب بسیار کمتر از الیاف و بیشتر از ویسکر است. اما در مقابل تنوع ذرات بسیار بیشتر از الیاف است.

تقریباً هر ماده ای را می توان به صورت ذره یا پودر تبدیل نمود.

کاربرد ذرات به عنوان تقویت کننده در مواد مرکب به منظور بهبود خواصی از جمله استحکام، سفتی، مقاومت به سایش، مقاومت به حرارت و ... است.





تقویت کننده های ذره ای

در تقویت کننده های ذره ای برخلاف الیاف، بعد خاصی نسبت به سایر ابعاد ارجح نیست. ذرات به صورت سوزنی، گوشه دار، کروی، شبه کروی، نامنظم و ... وجود دارند.

از نظر تنوع، ذرات متنوع ترین انواع تقویت کننده بشمار می روند، زیرا تقریباً تمامی مواد را می توان به پودر یا ذره تبدیل نمود. SiC ، دوده، پنبه نسوز و Si_3N_4 از جمله ذرات مورد استفاده در کامپوزیت ها هستند.

SiC از پر مصرف ترین ذرات تقویت کننده است که بخصوص در کامپوزیت های زمینه آلومینیم بکار می رود. این ماده عموماً از حرارت دهی شن یا سیلیکا ژل به همراه کک یا گرافیت در کوره الکتریکی در دمای بالا بدست می آید.



تقویت کننده های ذره ای

مکانیزم تقویت کنندگی ذرات با الیاف متفاوت است.

در مواد مرکب الیافی بار اعمالی به کامپوزیت توسط زمینه به الیاف منتقل شده و الیاف در برابر آن از خود مقاومت نشان می دهد.

در مواد مرکب ذره ای، تحمل کننده بار، زمینه است و ذرات به عنوان مانعی در برابر حرکت نابجایی ها در فلزات و جلوگیری از لغزش زنجیره های پلیمری در مواد مرکب زمینه پلیمری عمل کرده و باعث استحکام بخشی می شوند. در این کامپوزیت ها، توزیع ذرات در زمینه به روش پراکنده سختی در تقویت کنندگی تاثیر گذار هستند.



روش های تولید ذرات

• روش های مکانیکی شامل آسیاب کردن، خرد کردن و براده برداری

• روش های فیزیکی مانند روش اتمیزه کردن

• روش های شیمیایی شامل روش الکتروولیز، تجزیه حرارتی، احیاء شیمیایی، رسوب از فاز بخار یا مایع و واکنش مواد جامد با هم