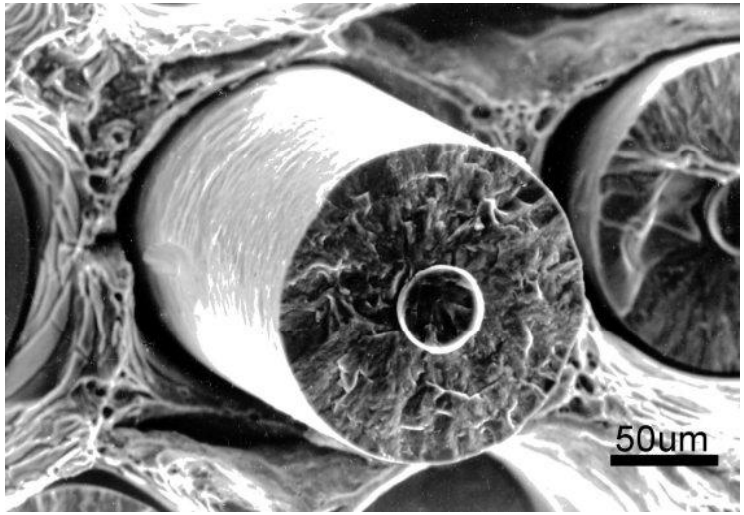
بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مکانیک

دسته بندی مواد مرکب



فهرست

- دسته بندی کلی
- مواد تقویت شده با ذره
- مواد تقویت شده با الیاف
- کامپوزیت های ماتریس فلزی
- کامپوزیت های ماتریس پلیمری
- کامپوزیت های ماتریس سرامیکی

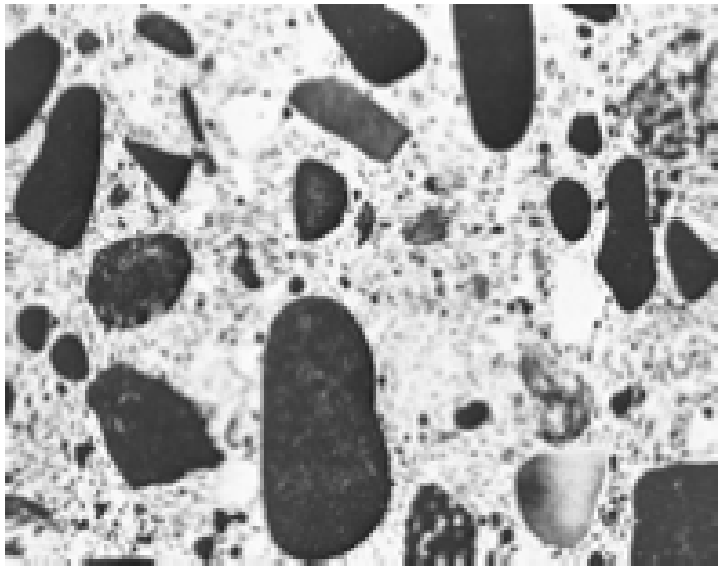
انواع مواد مرکب

دسته بندی مواد مرکب بر دو مبنا صورت می گیرد:

- بر اساس فاز تقویتی
  - فاز تقویتی به صورت ذره
  - فاز تقویتی به صورت پولک
  - فاز تقویتی به صورت الیاف
  - نانو کامپوزیت ها
- بر اساس ماتریس
  - کامپوزیت های ماتریس فلزی
  - کامپوزیت های ماتریس پلیمری
  - کامپوزیت های ماتریس سرامیکی
  - کامپوزیت های کربن-کربن

فاز تقویتی به صورت ذره

این نوع کامپوزیت ها معمولا رفتاری ایزوتروپیک از خود نشان می دهند.



Cross section of hardened concrete

بتن یک نمونه پرکاربرد از این نوع کامپوزیت است.

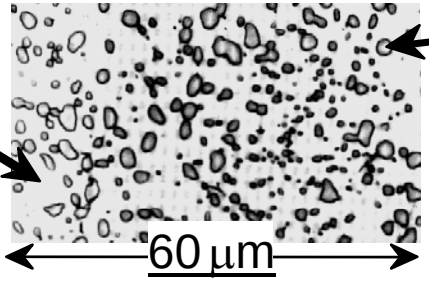
در صورتی که بتن مسلح شود ترکیبی از فاز تقویتی ذره ای و به صورت الیاف به وجود خواهد آمد.

فاز تقویتی به صورت ذره

آلیاژهایی که ذرات سختی از یک ترکیب را در زمینه نرم دیگری جای می دهند در این تعریف قرار می گیرند.

- Spheroidite steel

matrix: ferrite (α) (ductile)

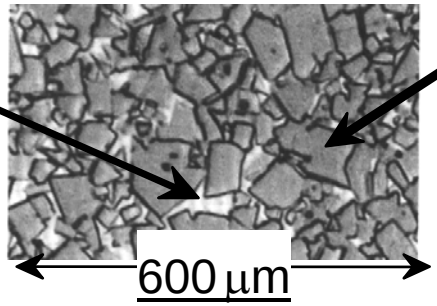


particles: cementite (Fe_3C) (brittle)

- WC/Co cemented carbide

matrix: cobalt (ductile)

Vm: 5-12 vol%!

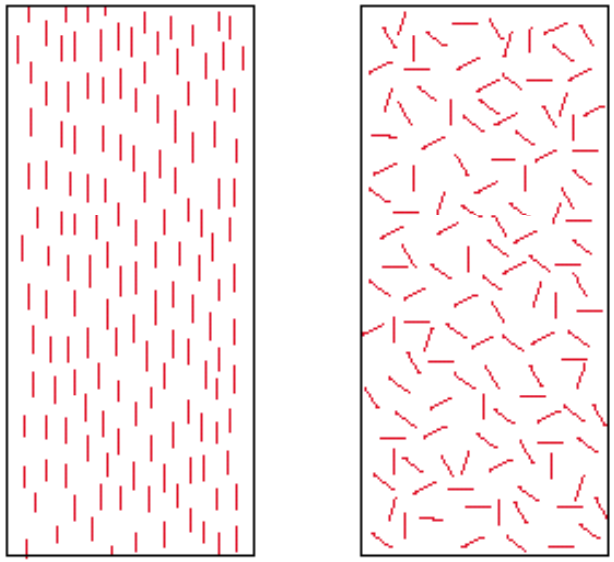


particles: WC (brittle, hard)

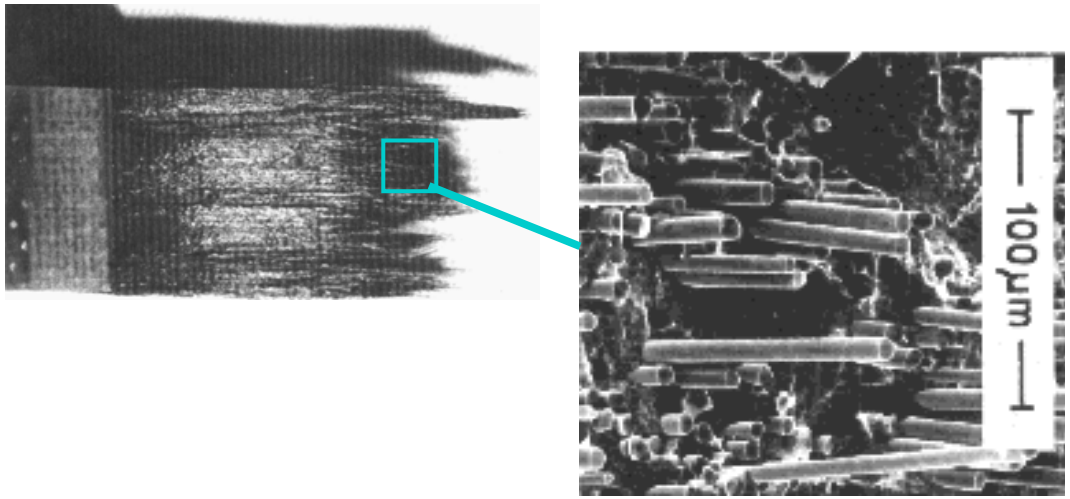
بسیاری از آلیاژها زیر مجموعه این نوع کامپوزیت بوده و تحلیل های زیادی روی آن ها انجام گرفته است.

فاز تقویتی به صورت الیاف

بر اساس نوع الیاف مورد استفاده:



- الیاف کوتاه و منقطع
  - منظم و جهت دار
  - به صورت تصادفی

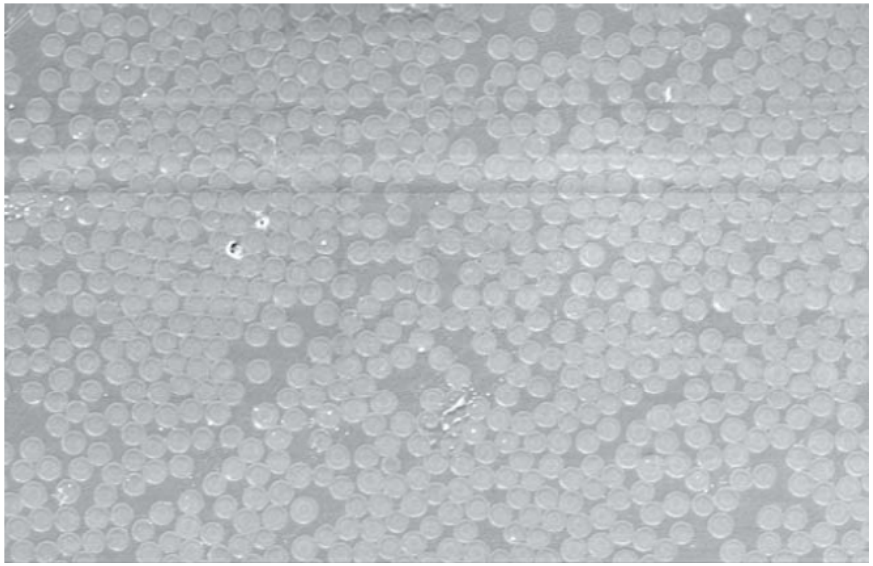


- الیاف پیوسته و طولانی
  - تک لایه ها و چند لایه ها
  - کامپوزیت های بافته شده

فاز تقویتی به صورت الیاف

- الیاف بلند
  - به راحتی می توان آن ها جهت داد و ساخت
  - مقاومت ضربه مناسب
  - کاهش طول کم پس از فرآوری
  - سطح نهایی بهتر
  - پایداری ابعادی بهتر
- الیاف کوتاه و منقطع
  - کنترل جهت دهی دشوار است
  - قیمت کمتر
  - تولید سریع و آسان
  - خود الیاف در این مورد قوی ترند چرا؟

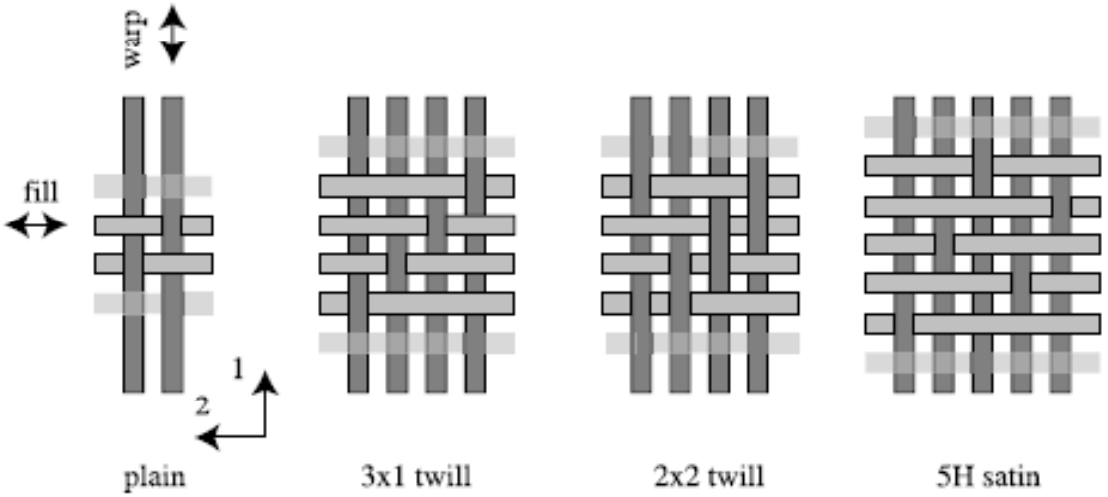
سطح مقطع یک تک لایه با الیاف بلند



کامپوزیت های بافته شده

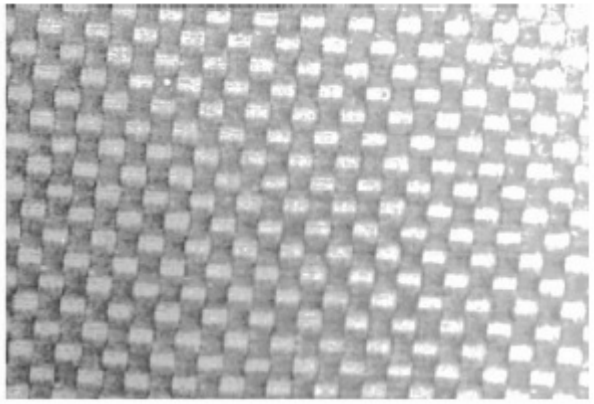
تنوع این نوع کامپوزیت ها همان تنوع انواع پارچه هایی است که بشر تابحال تولید کرده است.

- انواع بافت های دوبعدی
- MAT
- بافت های سه بعدی
- شکل های خاص سه بعدی

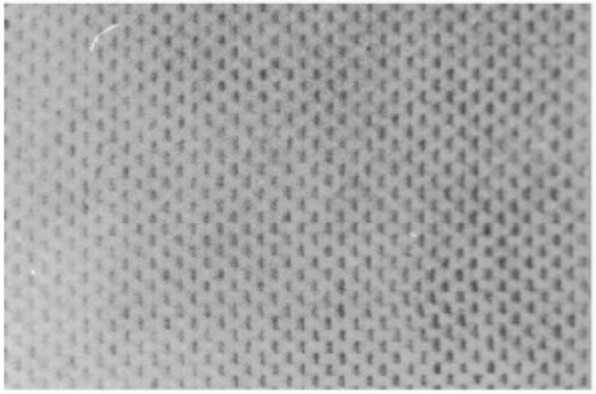


کامپوزیت های بافته شده

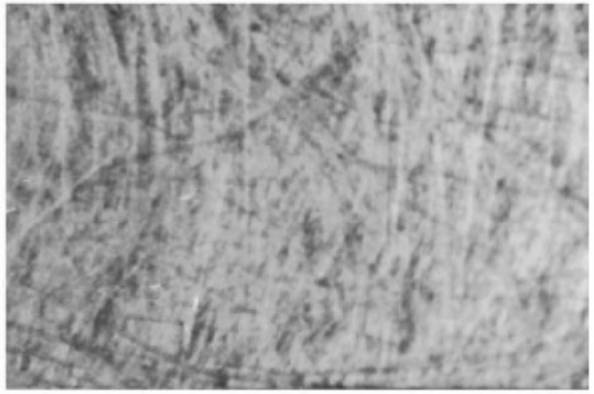
UNIDIRECTIONAL GRAPHITE



KEVLAR® PLAIN WEAVE



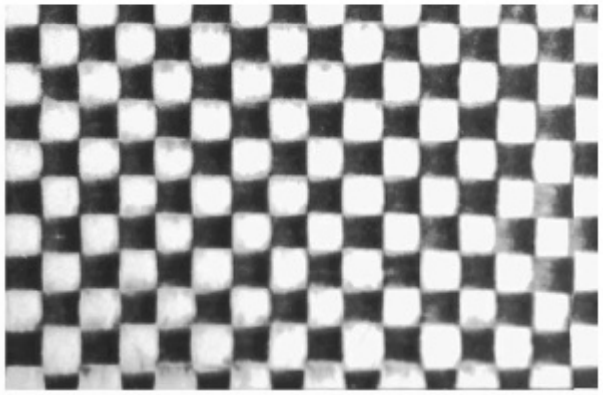
PLAIN WEAVE E-GLASS



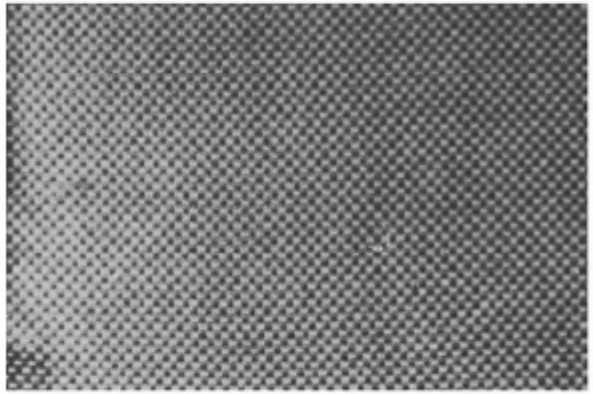
CHOPPED MAT

کامپوزیت های بافته شده

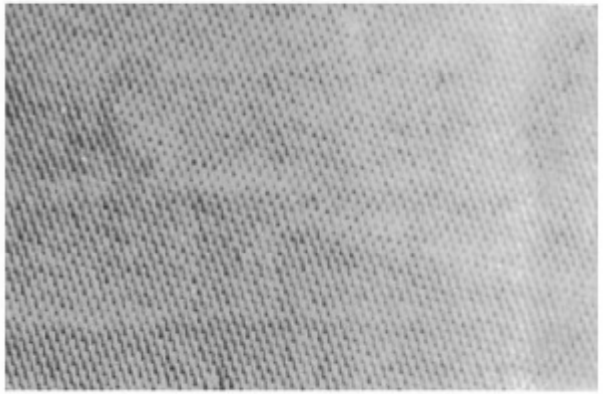
PLAIN WEAVE GRAPHITE



S-2 GLASS® WOVEN ROVINGS



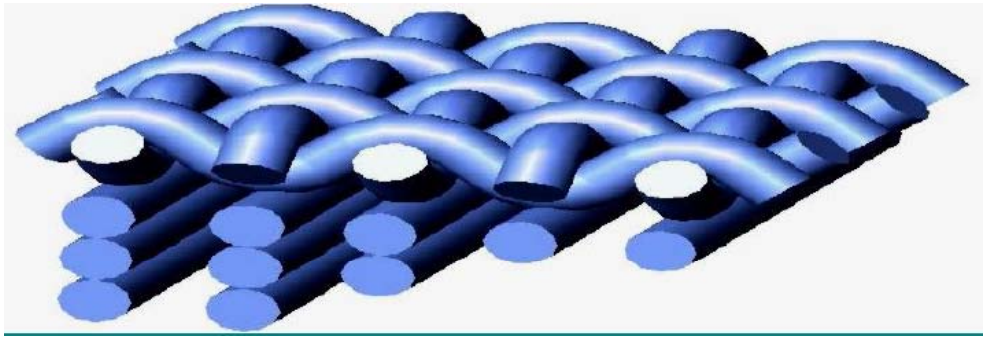
PLAIN WEAVE NYLON

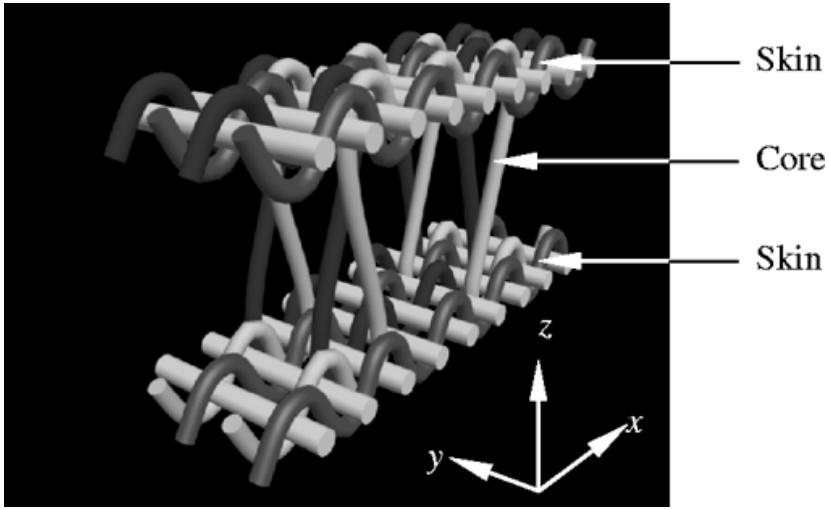


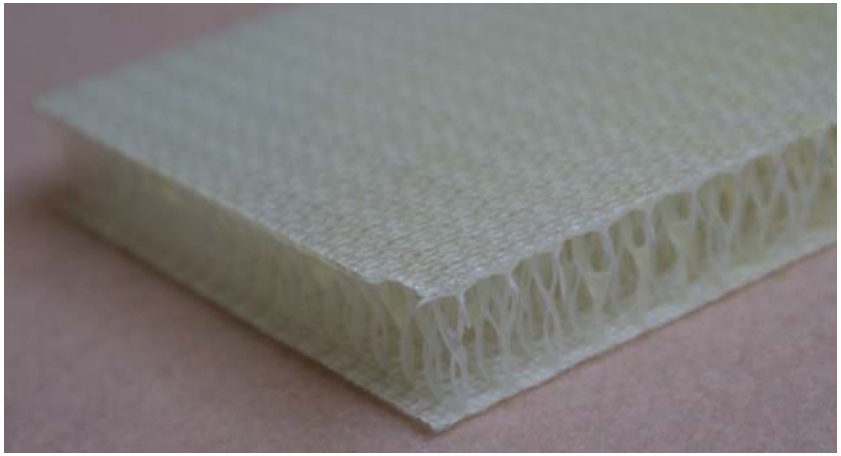
SATIN WEAVE E-GLASS

بدون بافت

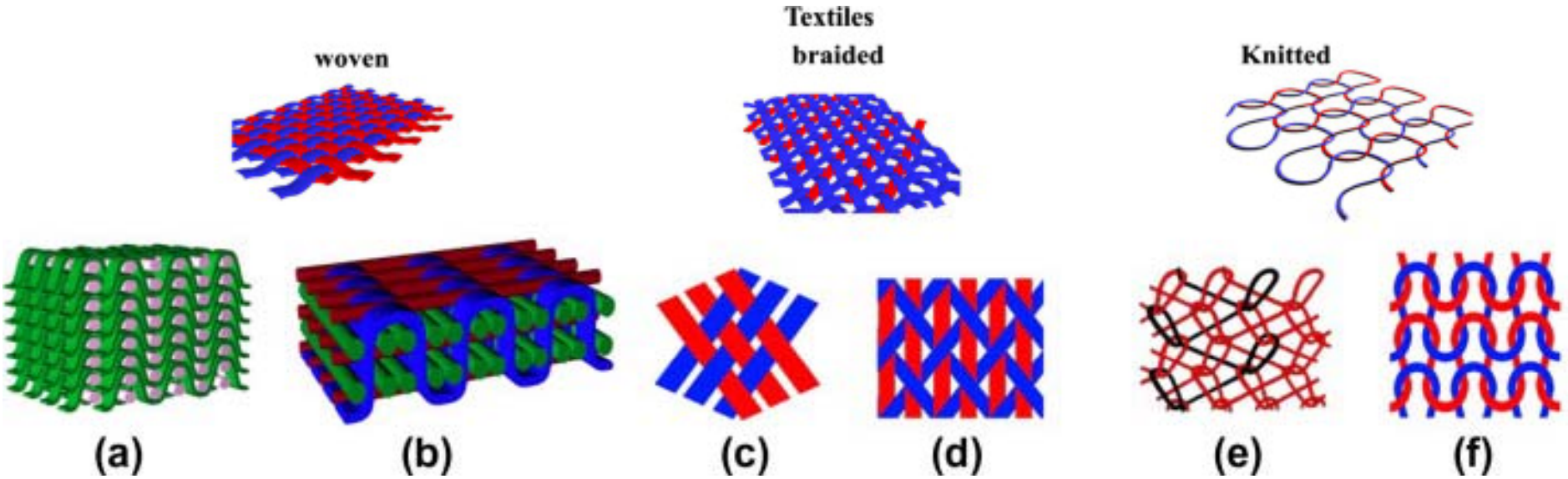
کامپوزیت های بافته شده سه بعدی





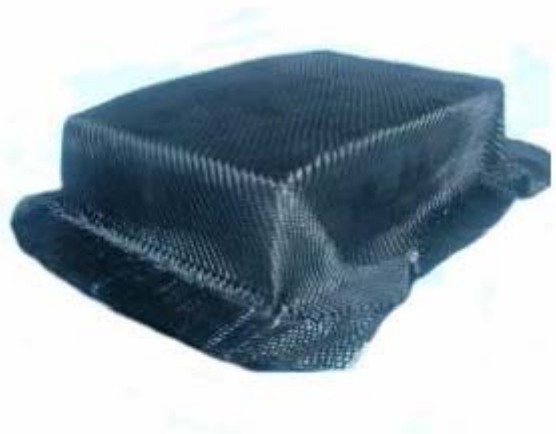


کامپوزیت های بافته شده



textile composites:
(a) 3D angle interlock layer-to-layer woven composite,
(b) 3D orthogonal woven composite,
(c) 2D diamond braided composite,
(d) 2D tri-axially braided composite,
(e) warp knitted composite, and
(f) weft knitted composite.

پارچه های بافته شده به اشکال خاص

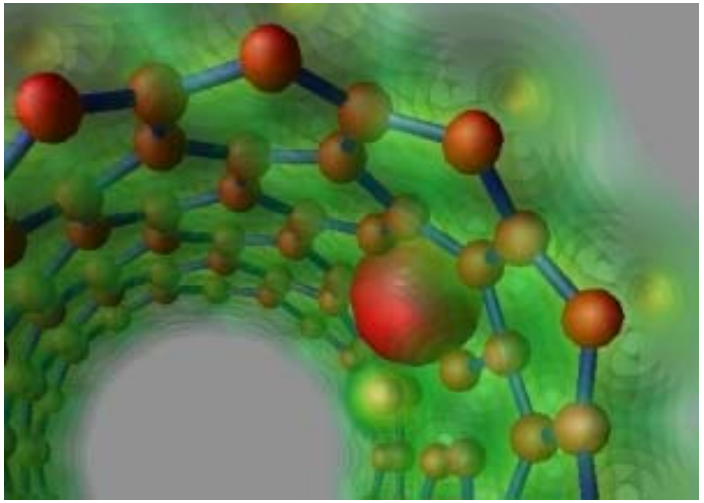


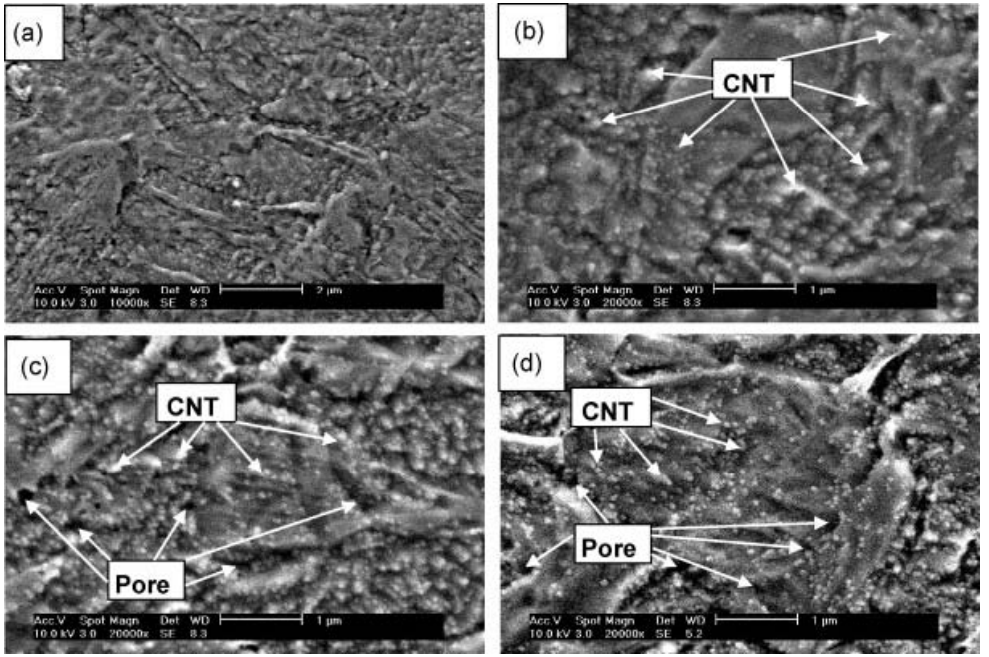
نانو کامپوزیت ها

در صورتی که اندازه فاز تقویت کننده کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد کامپوزیت در دسته نانوکامپوزیت ها قرار می گیرد.

در این مورد نیز فاز تقویتی می تواند به صورت ذره یا الیاف باشد.

رایجترین فاز تقویتی نانوالیاف کربن و نانولوله های کربنی هستند.





کامپوزیت های ماتریس فلزی (MMC)

مزایای کامپوزیت های ماتریس فلزی:

- مدول الاستیسیته بالا
- نرمی
- توانایی تحمل دمای بالانسبت به ماتریس پلیمری

معایب:

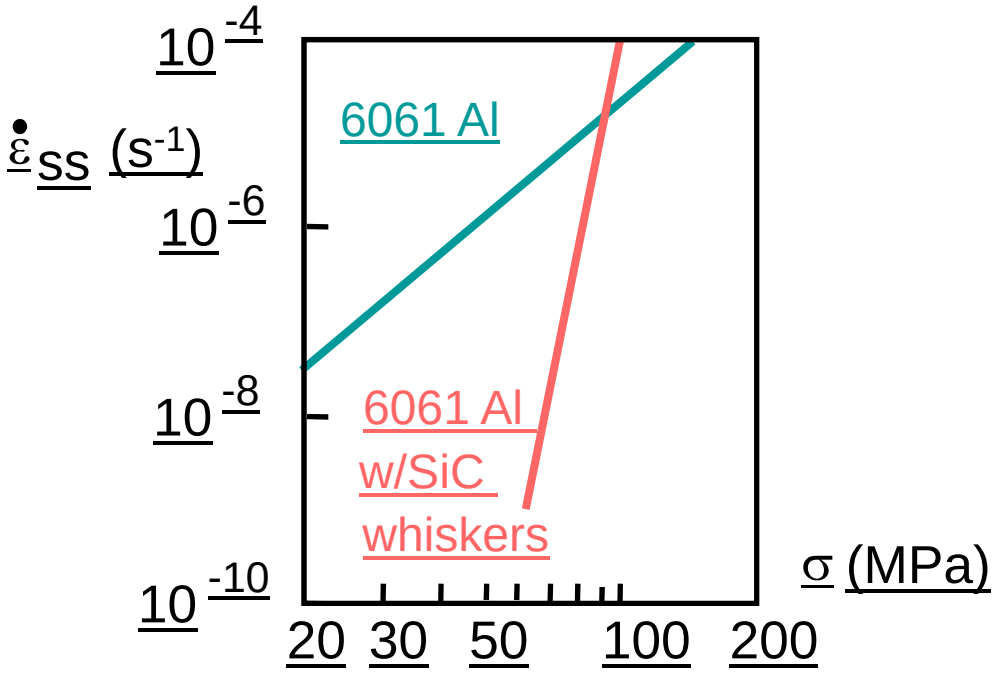
- سختی در تولید
- وزن بالا

کامپوزیت های ماتریس فلزی (MMC)

Fiber	Matrix	Applications
Graphite	Aluminum	Satellite, missile, and helicopter structures
	Magnesium	Space and satellite structures
	Lead	Storage-battery plates
	Copper	Electrical contacts and bearings
Boron	Aluminum	Compressor blades and structural supports
	Magnesium	Antenna structures
	Titanium	Jet-engine fan blades
Alumina	Aluminum	Superconductor restraints in fission power reactors
	Lead	Storage-battery plates
	Magnesium	Helicopter transmission structures
Silicon carbide	Aluminum, titanium	High-temperature structures
	Superalloy (cobalt-base)	High-temperature engine components
Molybdenum, tungsten	Superalloy	High-temperature engine components

کامپوزیت های ماتریس فلزی (MMC)

MMCs:Increased creep resistance



کامپوزیت های ماتریس فلزی (MMC)

Typical Mechanical Properties of Metal Matrix Composites

Property	Units	SiC/ aluminum	Graphite/ aluminum	Steel	Aluminum
System of units: USCS					
Specific gravity	—	2.6	2.2	7.8	2.6
Young's modulus	Msi	17	18	30	10
Ultimate tensile strength	ksi	175	65	94	34
Coefficient of thermal expansion	μin./in./°F	6.9	10	6.5	12.8
System of units: SI					
Specific gravity	—	2.6	2.2	7.8	2.6
Young's modulus	GPa	117.2	124.1	206.8	68.95
Ultimate tensile strength	MPa	1206	448.2	648.1	234.40
Coefficient of thermal expansion	μm/m/°C	12.4	18	11.7	23

کامپوزیت های ماتریس سرامیکی (CMC)

با توجه به زمینه سرامیکی، این نوع کامپوزیت ها دارای سفتی و استحکام بالا هستند ولی نرمی کمی دارند.

این نوع کامپوزیت ها در مواردی که نیاز به تحمل دمای بالا و کار در محیط خورنده باشد کاربرد دارند.

کاربردها:

- موتور جت
- موتور خودرو
- ابزارهای برش
- استخراج در اعماق دریا
- قالب ها
- مخزن های فشار

کامپوزیت های ماتریس سرامیکی (CMC)

مواد مورد استفاده به عنوان ماتریس :

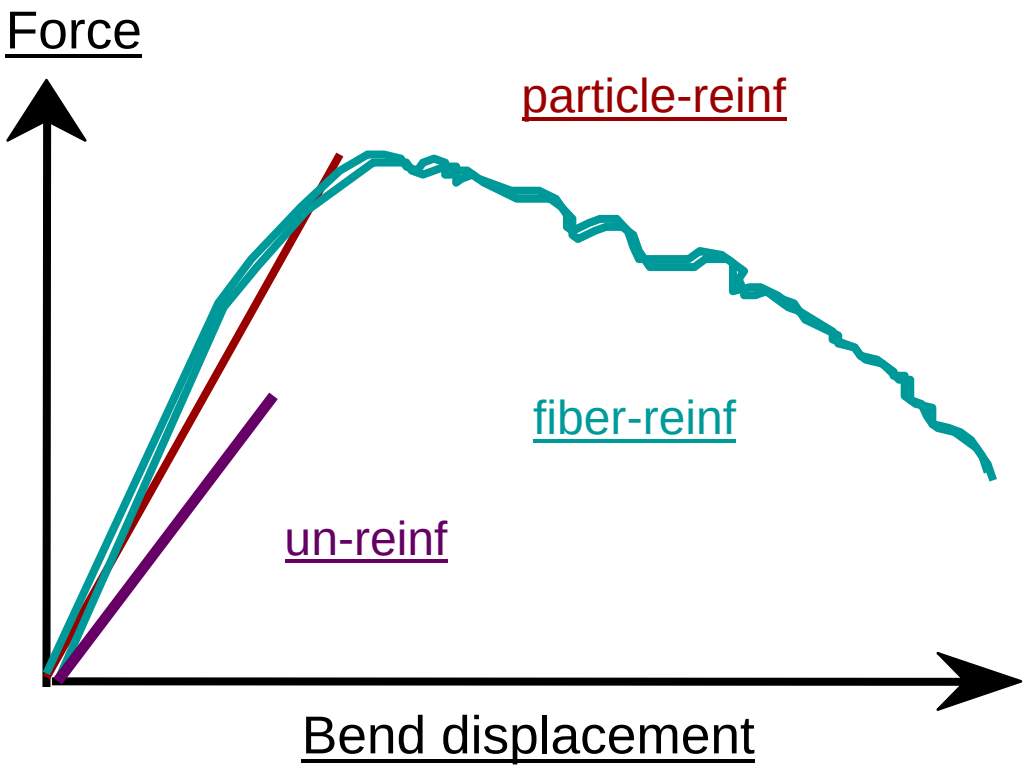
- کرباید سلیکون
- نیترید سیلیکون
- اکسید آلومینیوم
- مولیت (ترکیب آلومینیوم، سیلیکون و اکسیژن)

این مواد استحکام خود را تا بیش از ۱۶۵۰ درجه فارنهایت حفظ می کنند.

الیاف:

- کربن
- اکسید آلومینیوم

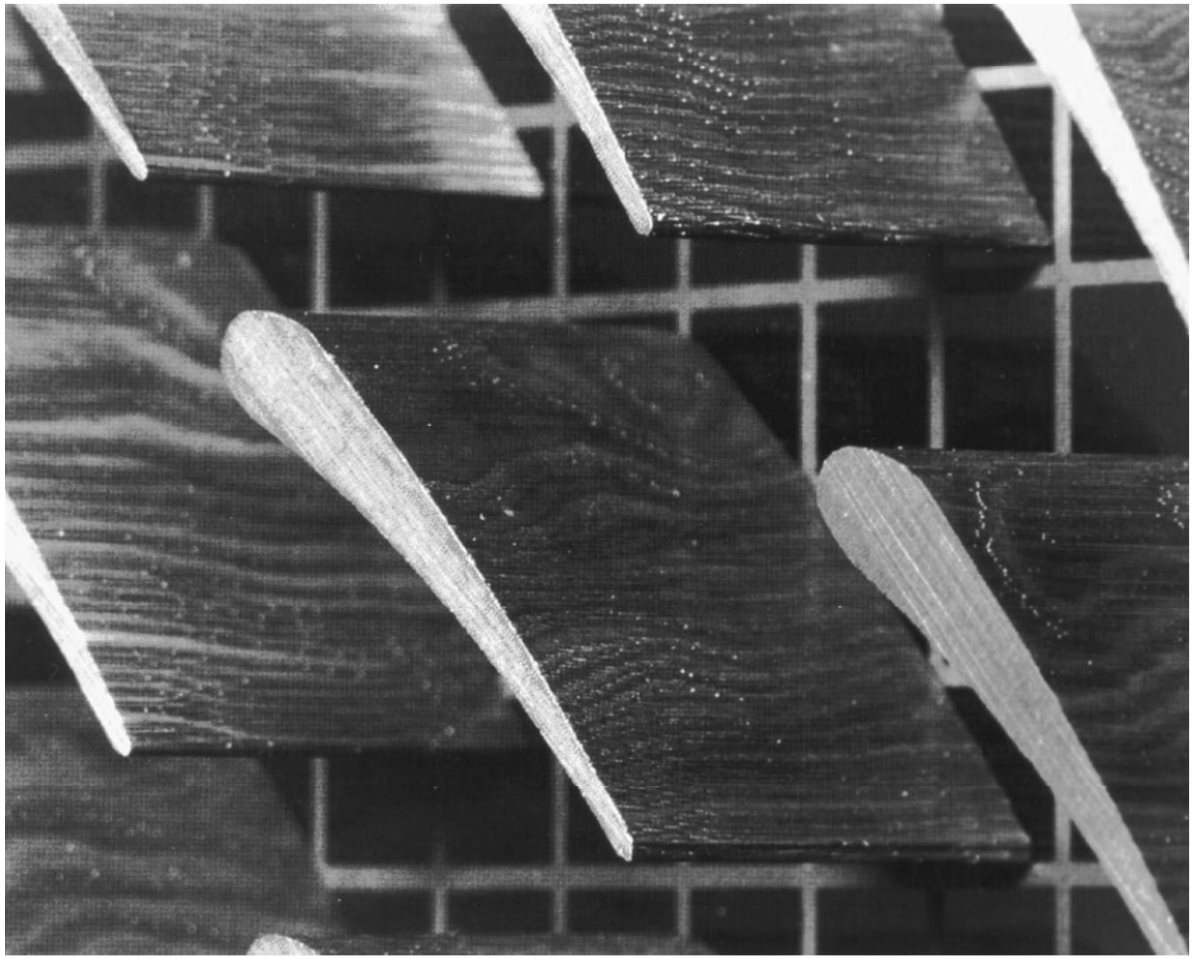
CMCs: Increased toughness



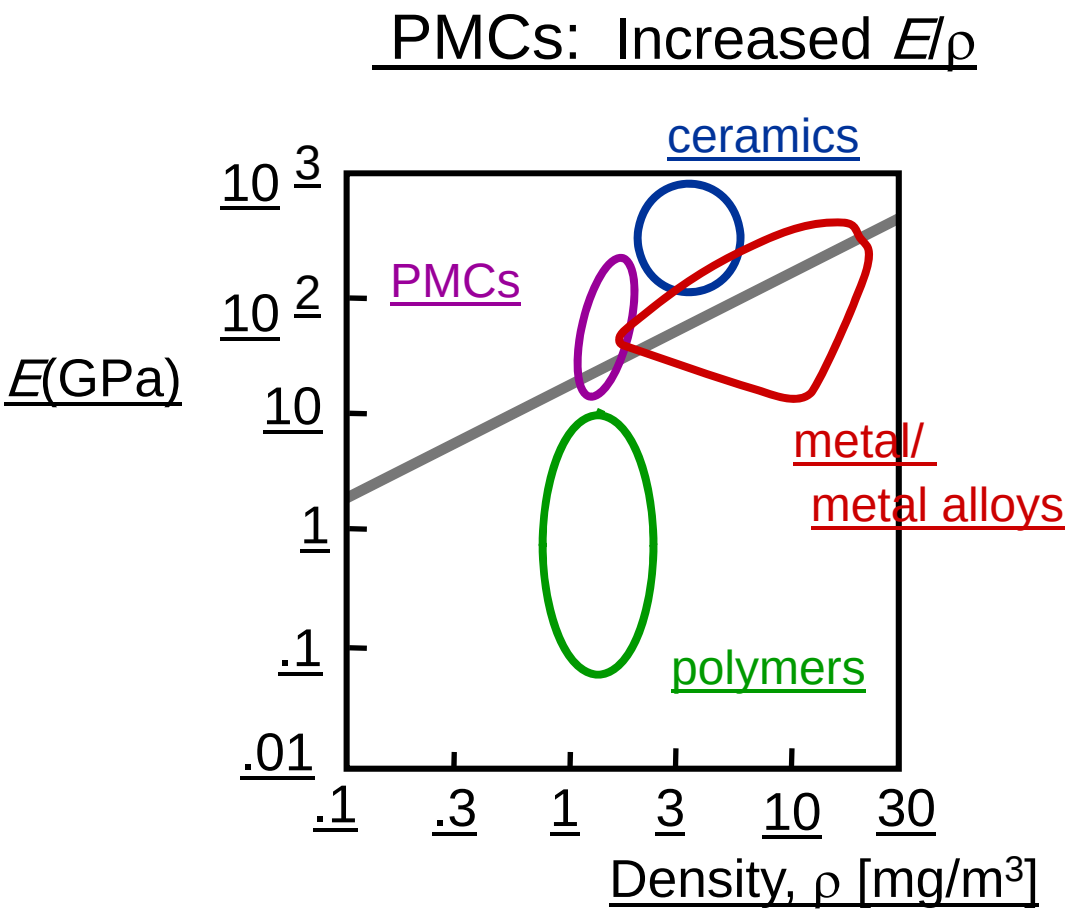
کامپوزیت های ماتریس سرامیکی (CMC)

سرامیک تقویت شده با الیاف به منظور استفاده در موتور جت

مقابله با دمای بالا و اکسیداسیون



کامپوزیت های ماتریس پلیمری



کامپوزیت های ماتریس پلیمری

Typical Mechanical Properties of Polymer Matrix Composites and Monolithic Materials

Property	Units	Graphite/ epoxy	Glass/ epoxy	Steel	Aluminum
System of units: USCS					
Specific gravity	—	1.6	1.8	7.8	2.6
Young's modulus	Msi	26.25	5.598	30.0	10.0
Ultimate tensile strength	ksi	217.6	154.0	94.0	40.0
Coefficient of thermal expansion	µin./in./°F	0.01111	4.778	6.5	12.8
System of units: SI					
Specific gravity	—	1.6	1.8	7.8	2.6
Young's modulus	GPa	181.0	38.6	206.8	68.95
Ultimate tensile strength	MPa	150.0	1062	648.1	275.8
Coefficient of thermal expansion	µm/m/°C	0.02	8.6	11.7	23

کامپوزیت های کربن-کربن

استفاده از الیاف کربن در زمینه کربن

قابلیت تحمل دما تا ۶۰۰۰ درجه فارنهایت (۳۳۱۵ درجه سلسیوس) را دارند.

۳۰ درصد سبکتر از الیاف گرافیت

کربن رفتاری ترد دارد با تقویت آن با الیاف می توان شکست آن را به تاخیر انداخت.

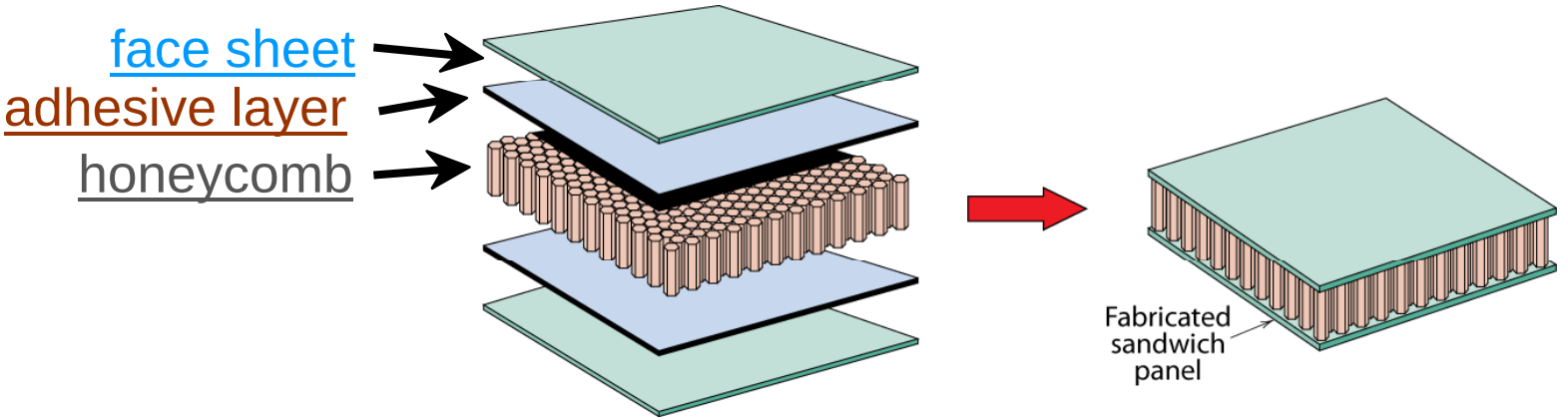
مزایا:

تحمل دمای بالا، خزش کم در دمای بالا، چگالی کم، استحکام کششی و فشاری خوب، استحکام خستگی خوب، ضریب انتقال حرارت بالا، ضریب اصطکاک بالا

معایب: هزینه بالا، استحکام برشی کم، اکسیداسیون در دمای بیش از ۴۵۰ درجه

کامپوزیت های سازه ای

- **کامپوزیت ساندویچی:**
  - هسته لانه زنبوری با چگالی و استحکام کم
  - استفاده از استحکام زیادتر در دو طرف به منظور تحمل خمش



کامپوزیت های سازه ای

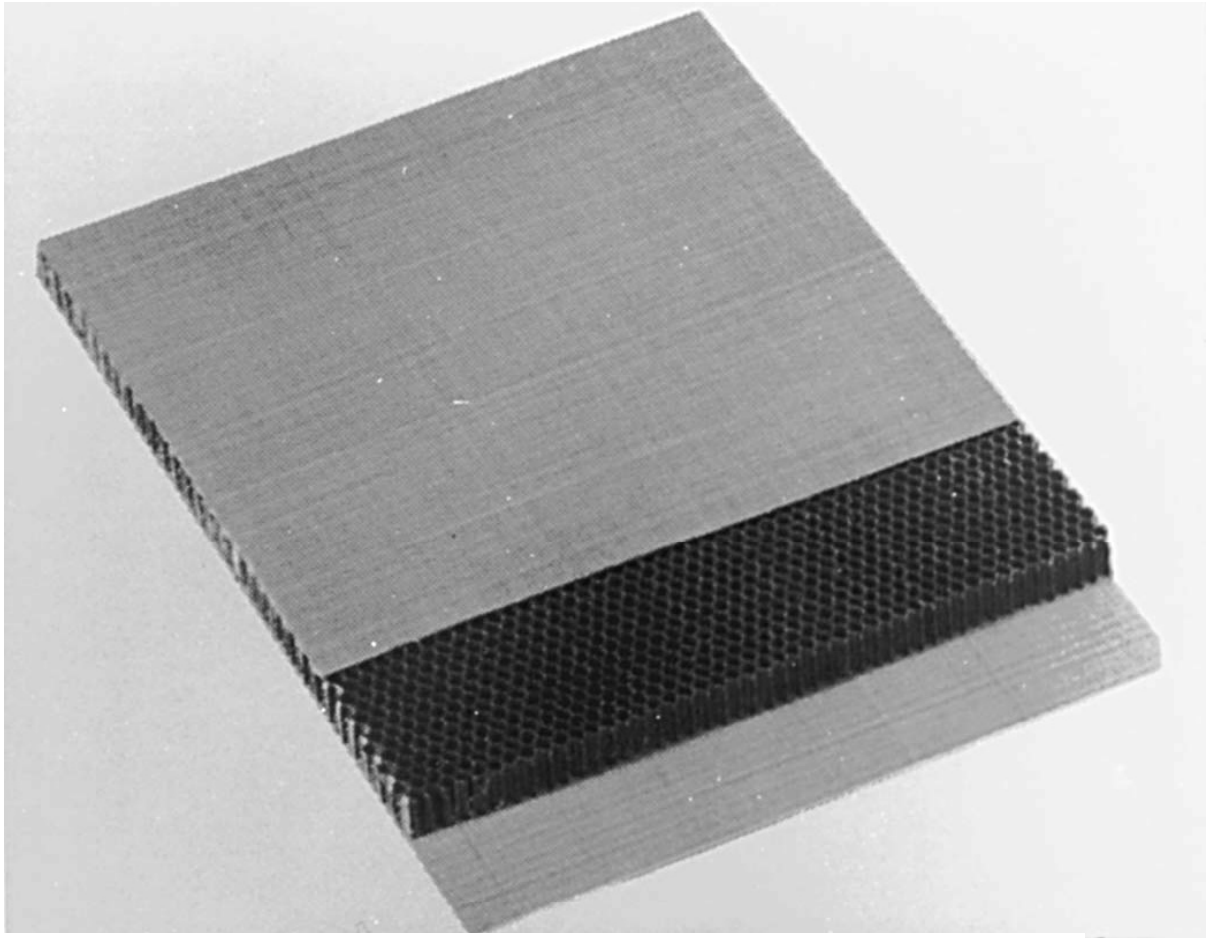
- هسته:
- از مواد حجیم با چگالی کم ساخته می‌شود:
  - balsa wood
  - foam
  - Honeycombs

- صفحه های دو طرف

معمولا از موادی با استحکام و سفتی بالا مانند فولاد، آلیاژهای آلومینیوم و کامپوزیت کربن اپکسی یا شیشه اپکسی ساخته می شود.

در موارد فوق آلومینیوم و کامپوزیت‌ها نسبت استحکام به وزن خوبی دارند ولی کامپوزیت‌های ماتریس پلیمری از نظر خوردگی سطحی بهتر از آلومینیوم هستند.

کامپوزیت های سازه ای



Fiberglass facings with a Nomex7 honeycomb core.

کامپوزیت های سازه ای

نمونه هایی از
Honeycombs