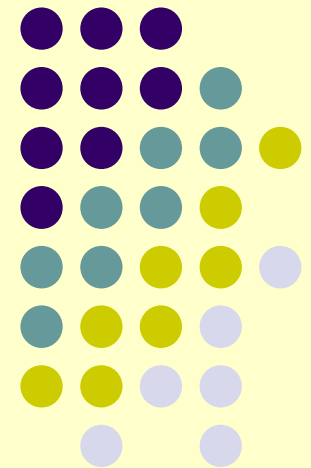
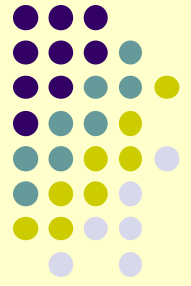


# اصول مهندسی پلیمر

جلسه سیزدهم  
(مواد مرکب زمینه پلیمری)  
بخش اول: کلیات و انواع زمینه ها



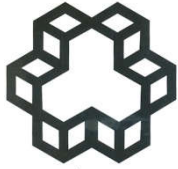
دکتر رضا اسلامی فارسانی



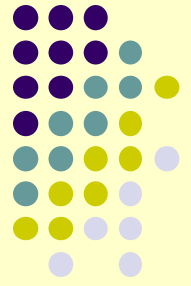
پرمصرف ترین مواد زمینه در مواد مرکب پلیمرها هستند. همواره انتخاب اول برای زمینه در مواد مرکب مواد پلیمری است مگر آن که برای کاربرد موردنظر مواد پلیمری جوابگو نباشند (نظیر دمای کاری بالا و یا نیاز به هدایت الکتریکی و ...).

### علل توسعه سریع مواد مرکب زمینه پلیمری عبارتند از:

- ✓ استفاده از مواد تقویت کننده با استحکام و مدول بالا در زمینه پلیمری با استحکام و مدول پایین باعث افزایش قابل توجه در استحکام ویژه و مدول ویژه ماده مرکب می شود که هدف اصلی در کامپوزیت کردن مواد است.
- ✓ فرآوری مواد مرکب با زمینه پلیمری نیاز به فشار و دمای بالایی ندارد و بنابراین مشکلات مربوط به افت کیفی تقویت کننده در حین تولید در مقایسه با مواد مرکب دیگر کمتر است.



## انواع زمینه های پلیمری

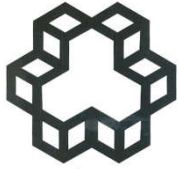


انواع زمینه های پلیمری را می توان به دو دسته کلی تقسیم بندی نمود:

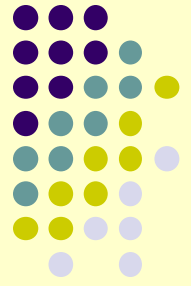
✓ پلاستیک ها شامل دو نوع ترموست (گرماسخت) و ترموپلاست (گرمانرم)

✓ الاستومرها

در مواد مرکب زمینه پلیمری، پر مصرف ترین زمینه، انواع پلاستیک های ترموست بخصوص زمینه پلی استر (تقویت شده با الیاف شیشه) می باشد.

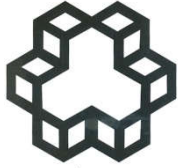


## پلاستیک های گرماسخت

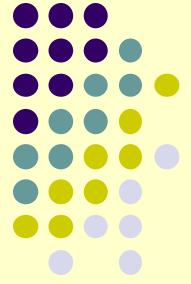


✓ در پلاستیک های ترموست در اثر حرارت بین زنجیره های پلیمری تشکیل دهنده آنها اتصالات عرضی (Crosslink) از نوع کووالانسی برقرار شده و استحکام و مقاومت حرارتی آنها بهبود می یابد.

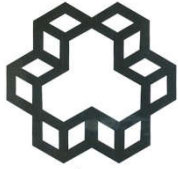
✓ ترموست ها برای ایجاد اتصالات عرضی و ایجاد ساختار شبکه ای و به عبارتی برای رسیدن به حالت مطلوب، به فرآیند پخت (Cure) نیاز دارند. این موضوع سبب می شود که زمان انجام فرآیند ترموست ها از ترموپلاست ها طولانی تر باشد.



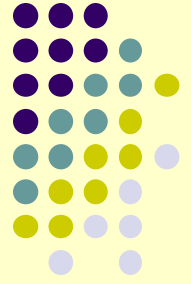
## پلاستیک های گرماسخت



- ✓ پخت، فرآیندی است که در اثر اعمال حرارت و فشار و به کمک عامل پخت یا سخت کننده (هاردنر)، پیوند کووالانسی بین زنجیره های پلیمری برقرار می شود.
- ✓ پلیمرهای ترموست پس از پخت از حالت مایع به جامد تبدیل شده و در اثر اعمال حرارت مجدد، ذوب نمی شوند بلکه در حرارت های بالا ذغال شده و سوخته و تجزیه می شوند. لذا با حرارت دهی قابل بازیابی نمی باشند که علت آن اتصالات عرضی کووالانسی بین زنجیره های پلیمری است.

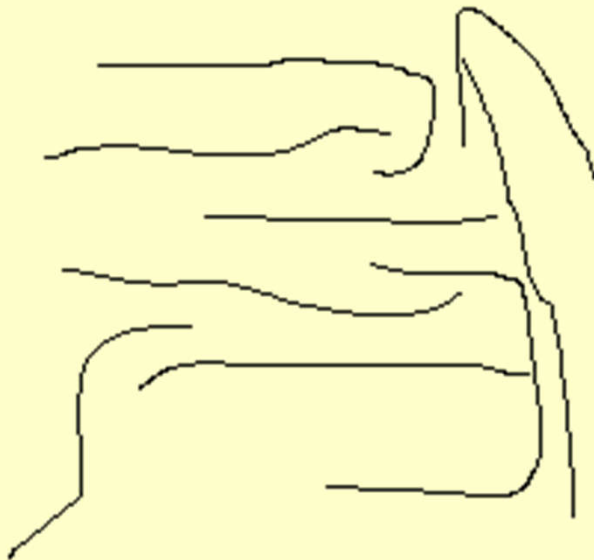


# پلاستیک های گرماسخت

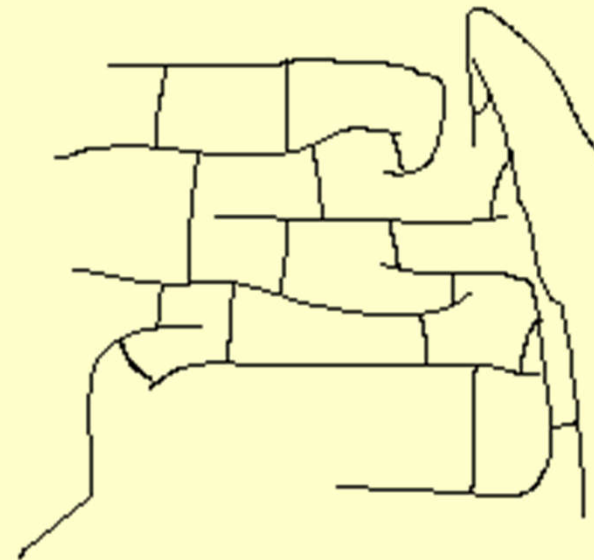


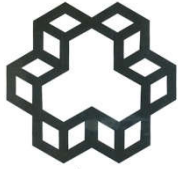
## ایجاد اتصالات عرضی بین زنجیره های پلیمری در فرآیند پخت

قبل از فرآیند پخت

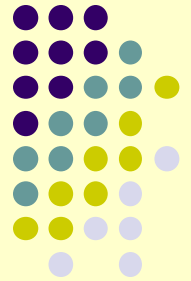


بعد از فرآیند پخت





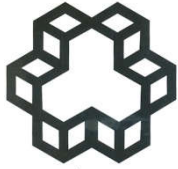
## انواع زمینه های پلیمری گرماسخت



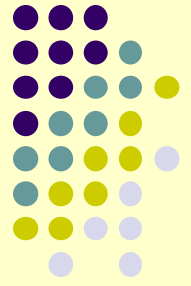
اصلی ترین پلیمرهای ترموست مورد استفاده در مواد مرکب زمینه پلیمری به ترتیب عبارتند از:

- ✓ پلی استر
- ✓ اپوکسی
- ✓ فنول (فنولیک)
- ✓ پلی ایمیدها و پلی بنزایمیدازول ها





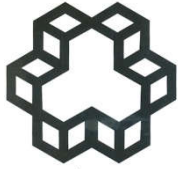
## انواع زمینه های پلیمری گرماسخت



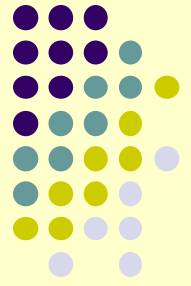
### پلی استر

✓ پرمصرف ترین و ارزان ترین ماده پلیمری برای استفاده به عنوان زمینه در مواد مرکب پلیمری است که برای اکثر کاربردهای تجاری به عنوان زمینه همراه الیاف شیشه به عنوان تقویت کننده بکار گرفته می شود. این کامپوزیت ها اصطلاحاً فایبرگلاس (Fiberglass) نامیده می شوند.

✓ از جمله معایب آن مقاومت کم در برابر هوازدگی، استحکام متوسط، کارایی کم در دمای بالا و خواص فیزیکی پایین تر نسبت به دیگر زمینه های ترموست است، لذا کاربرد آن در کامپوزیت های پیشرفته محدود است.

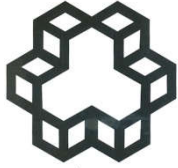


## انواع زمینه های پلیمری گرماسخت

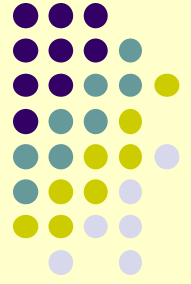


### اپوکسی

- ✓ خواص اپوکسی برتر از پلی استر بوده ولی گران تر است. برای تولید قطعات با کیفیت بالا و خواص بهتر بخصوص در تولید کامپوزیت های پیشرفته از این نوع زمینه استفاده می شود. اپوکسی، متداول ترین زمینه برای این کامپوزیت هاست.
- ✓ از مزایای اپوکسی می توان به چسبندگی عالی، استحکام بالا، جمع شدگی کم، محافظت در برابر خوردگی و تنوع در فرآیند اشاره کرد.
- ✓ حداکثر دمای کاری اپوکسی با توجه به نوع آن در محدوده ۲۴۰-۱۷۷ درجه سانتیگراد است. انقباض در اثر پخت اپوکسی کمتر از پلی استر (۱-۵٪) است.

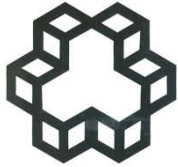


## انواع زمینه های پلیمری گرماسخت

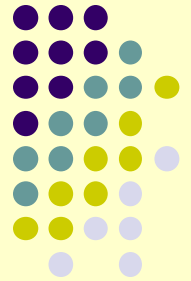


### فنول

- ✓ فنول ها بدون تقویت شدن به علت مقاومت حرارتی و الکتریکی بالا به عنوان ماده اصلی جهت تولید کلید و پرینز برق، قطعات لوازم خانگی، جعبه تقسیم، و جعبه فیوز و دلکو بکار می روند. این نوع پلیمرها تا حد زیادی ترد هستند.
- ✓ فنول ها به عنوان زمینه مواد مرکب بخصوص برای تولید مواد مرکب کربن-کربن مورد استفاده قرار می گیرند که در لنت ترمز هواپیما و ماشین های مسابقه ای، نازل و دماغه موشک، کانال های دما بالای هواپیما و پره ها و باله های موشک ها مورد استفاده قرار می گیرند.

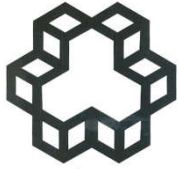


## انواع زمینه های پلیمری گرماسخت

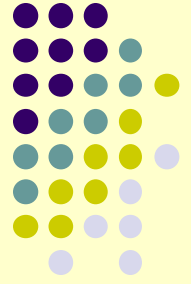


### فنول

- ✓ فنول تحت عملیات پیرولیز خاصی به زمینه کربنی تبدیل می شود.
- ✓ یکی از خصوصیات نامطلوب چسب های فنولیک آن است که در طول سخت شدن محصولات جانبی فرار تولید می کنند و در تولید ماده مرکب با آنها به فشار بالایی نیاز است.
- ✓ فنول ها در قالب دو نوع محصول تحت عنوان رزول و نووالاک به بازار عرضه می شوند.

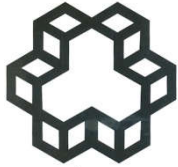


## انواع زمینه های پلیمری گرماسخت

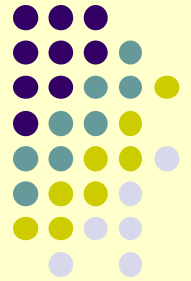


### پلی ایمیدها و پلی بنزایمیدازول ها

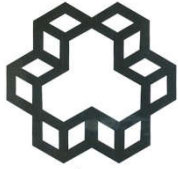
- ✓ این نوع پلیمرها به علت دارا بودن ساختارهای حلقوی برای مواد مرکب پیشرفته که نیاز به دمای کاری بالاتر از اپوکسی دارند، استفاده می شوند.
- ✓ این نوع پلیمرها از اپوکسی گران تر بوده و در بسیاری از کاربردهای هوافضایی بجای اپوکسی در زمینه استفاده می شوند.
- ✓ دمای کاری این نوع پلیمرها تا حدود ۳۷۰ درجه سانتیگراد است.



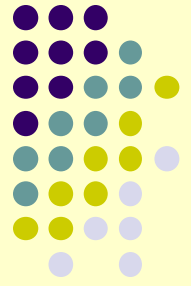
## پلاستیک های گرمانرم



- ✓ پلیمرهای ترموپلاست به سیکل های واکنش پذیر پخت نیازی ندارند و به صورت جامد عرضه می شوند که شکل دهی آنها به گرما، فشار و سپس سرد کردن نیاز دارد.
- ✓ این پلیمرها در اثر اعمال حرارت، نرم و ذوب شده و با ریختن در داخل قالب و سرد کردن، شکل قطعه مورد نظر حاصل می شود.
- ✓ اعمال حرارت در این مواد منجر به ایجاد اتصالات عرضی از نوع کووالانس نشده، بلکه بین زنجیره های پلیمری آنها پیوند ثانویه (واندروالس یا هیدروژنی) برقرار می شود.



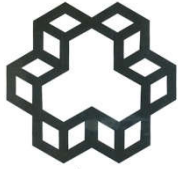
## پلاستیک های گرمانرم



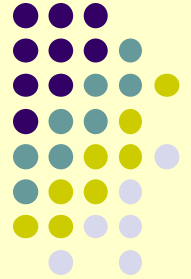
✓ پلیمرهای ترموپلاست دارای کارایی مناسبی در دمای بالا نیستند. اما در دماهای معمولی دارای استحکام بالا، مقاومت عالی در برابر خزش و ارزانی تقریبی هستند.

✓ پلیمرهای ترموپلاست در اثر حرارت دهی مجدد، ذوب شده و قابل بازیابی هستند.

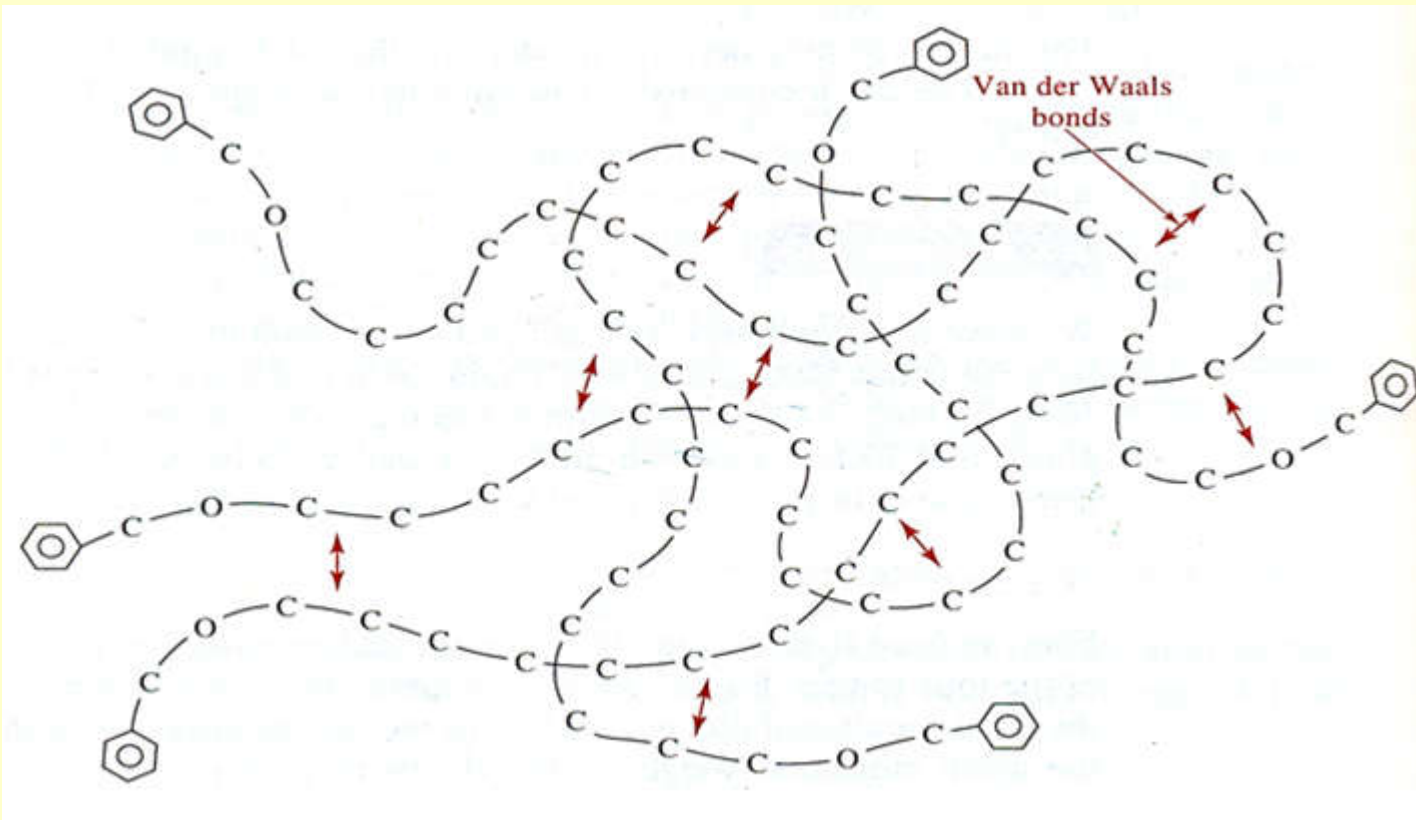
✓ استحکام و مقاومت به حرارت این نوع پلیمرها کمتر از انواع ترموست است و ترموست ها عموماً صلب تر از ترموپلاست ها هستند.



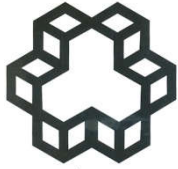
# پلاستیک های گرمانرم



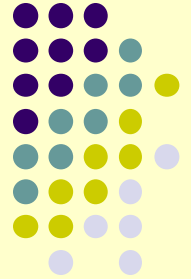
وجود پیوند کووالانسی مستحکم درون زنجیرهای پلیمری و پیوند ضعیف و اندروالسی بین زنجیره ها در مواد پلیمری ترموپلاستیک





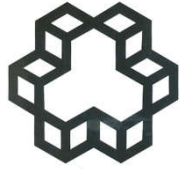


## انواع زمینه های پلیمری گرمانرم

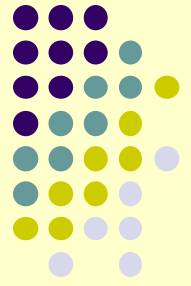


برخی از انواع پلیمرهای ترموپلاست به عنوان زمینه در مواد مرکب

- ✓ پلی اتیلن
- ✓ پلی پروپیلن
- ✓ پلی آمید
- ✓ پلی استیرن
- ✓ پلی اتیلن ترفتالات
- ✓ پلی کربنات
- ✓ پلی اترکتون
- ✓ پلی سولفون
- ✓ پلی وینیل کلرید

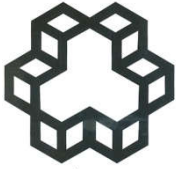


## الاستومرها

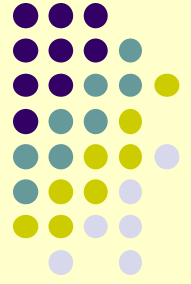


- ✓ الاستومرها دسته ای از مواد پلیمری هستند که میزان کرنش الاستیک آنها بسیار بیشتر از سایر مواد پلیمری (پلاستیک های ترموست و ترموپلاست) است.
- ✓ معمولاً انواع لاستیک های مصنوعی نظیر پلی بوتادین، استایرن- بوتادین و نیتریل بوتادین به عنوان زمینه مورد استفاده قرار می گیرند.

	Tensile Strength (psi)	% E	Density (g/cm <sup>3</sup> )
Polyisoprene	3000	800	0.93
Polybutadiene	3500		0.94
Polyisobutylene	4000	350	0.92
Polychloroprene (Neoprene)	3500	800	1.24
Butadiene-styrene (BS or SBR rubber)	3000	2000	1.0
Butadiene-acrylonitrile	700	400	1.0
Silicone	1000	700	1.5
Thermoplastic elastomer	5000	1300	1.06



## افزودنی ها

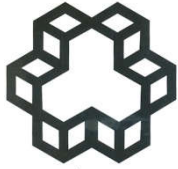


بجز زمینه و تقویت کننده که اجزاء اصلی ماده مرکب هستند، در بسیاری از موارد جزء یا اجزاء دیگری (جزء سوم) در مواد مرکب بکار گرفته می شود که البته برخلاف دو جزء قبلی نقش اساسی در ماده مرکب نداشته و جزء کمکی محسوب می شود. این جزء فرعی را افزودنی گویند. افزودنی ها شامل سه نوع اصلی هستند:

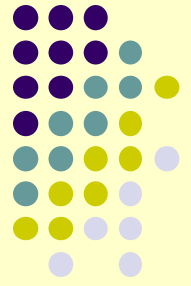
✓ پرکننده ها

✓ اصلاح کننده ها

✓ رنگ زاها



## انواع افزودنی ها



✓ **مواد پرکننده:** جهت کاهش قیمت تمام شده به زمینه افزوده می شوند، چون از مواد زمینه و تقویت کننده ارزان تر هستند. مواد معدنی پودری نظیر کربنات کلسیم، تالک، خاک رس و هیدرات آمونیم، و گلوله های ریز شیشه ای، از جمله مواد پرکننده ها هستند.

✓ **مواد اصلاح کننده:** مواد اصلاح کننده مختلف سبب جلوگیری از جمع شدگی رزین در حین پخت، دیرسوزی، بهبود سفتی، بهبود خواص الکتریکی، بهبود ویسکوزیته، جذب نور ماوراء بنفش، بازدارندگی جهت افزایش عمر نگهداری و شتاب دادن جهت تسریع در پخت، می شوند. در مجموع این مواد، بهبود خواص و مشخصات و یا کارایی و عملکرد کامپوزیت را به همراه دارند.

✓ **مواد رنگ زا:** رنگدانه و رنگینه جهت رنگ مدنظر به کامپوزیت اضافه می شوند.