

آشنایی با پلی الفین ها ریز ساختار، خواص و فرایندها

مجید حبیب الهی
عضو کمیسیون فنی انجمن ملی صنایع
پلیمر ایران



عناوین دوره



1. مقدمه ای بر پلی اتیلن و پلی پروپیلن (روز اول و جلسه اول)
2. معرفی مشخصات مهم و اصلی پلی اتیلن و پلی پروپیلن (روز اول و جلسه دوم)
3. مروری بر فرایندهای شکل دهی پلیمرها (روز اول و جلسه سوم)
4. ارتباط ریزساختار و فرایندپذیری در پلی الفین ها (روز دوم و جلسه اول)
5. ارتباط ریزساختار و خواص در پلی الفین ها (روز دوم و جلسه اول تا دوم)
6. افزودنی های متداول در پلی الفین ها (روز دوم جلسه دوم)
7. بررسی نمونه گریدها از روی برگه مشخصات فنی (روز دوم و جلسه سوم)

جلسه سوم: 15 تا 16

جلسه دوم 12:30 تا 14

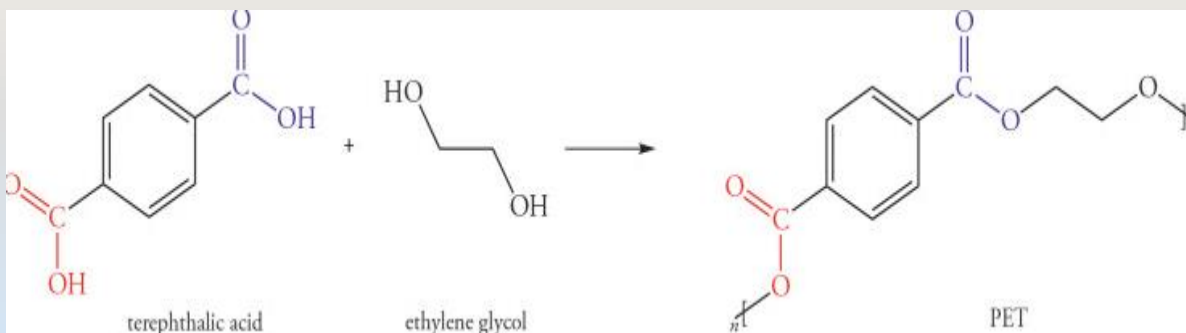
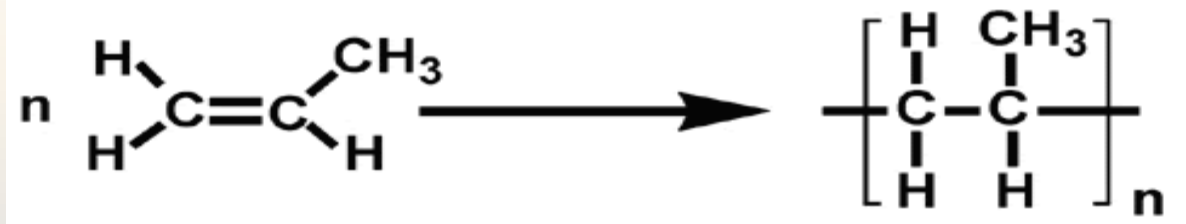
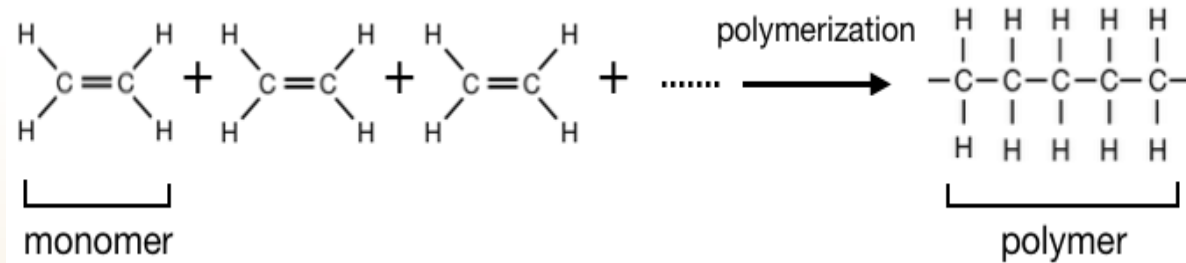
جلسه اول: 10 تا 12

پروژه: پاسخ به پرسش های مطرح شده.



مقدمه ای بر پلی اتیلن و پلی پروپیلن

پلیمر چیست؟



- موادی مشتمل بر مولکولهای ساخته شده از تکرار یک واحد ساختاری (مونومر)

- طول مولکول بزرگ (شبيهه یک زنجیر)

- وزن مولکول بالا (معمولا چند صد برابر مواد شیمیایی معمول و حداقل چند ده هزار تا چند میلیون واحد).

- سوال 1- پلی وینیل الکل چگونه تولید می شود؟

طبقه بندی پلیمرها

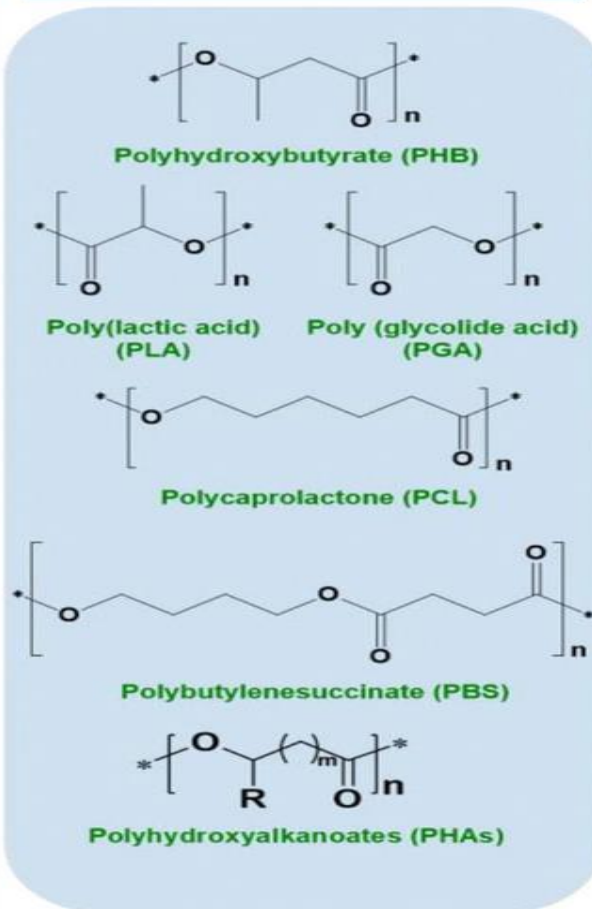


- پلیمرها از نظر منشأ تهیه به دو دسته اصلی تقسیم می شوند:
 - پلیمرهای طبیعی: در طبیعت یافت می شوند مانند پنبه، پشم، پروتئین، DNA، سلولز، لاستیک طبیعی
 - پلیمرهای مصنوعی: توسط انسان ساخته شده اند. مثل پلی الفین ها، پلی اتیلن ترفتالات، پلی وینیل کلراید و . . .
- این نوع اخیر از نظر منبع تهیه مواد اولیه به دو دسته تقسیم می شود:
 - مواد اولیه از منابع فسیلی یا تجدیدناپذیر هستند. مثل نفت و گاز یا سایر مواد شیمیایی
 - مواد اولیه از منابع تجدیدپذیر یا غیر فسیلی هستند. مثل تولید پروپیلن یا اتیلن از بازیافت پلاستیکها یا بیومس (مواد اولیه تهیه شده از حیوانات یا گیاهان)
- پلیمرها از نظر مقاومت در برابر تخریب توسط باکتری ها به دو دسته تقسیم می شوند:
 - پلیمرهای کاملاً زیست تخریب پذیر مثل پلی لاکتیک اسید یا پلی هیدروکسی بوتیرات
 - پلیمرهایی که بصورت کامل زیست تخریب پذیر نیستند مانند پلی اتیلن، پلی اتیلن و نشاسته و کوپلیمر پلی (اتیلن ترفتلات-آدیپات)

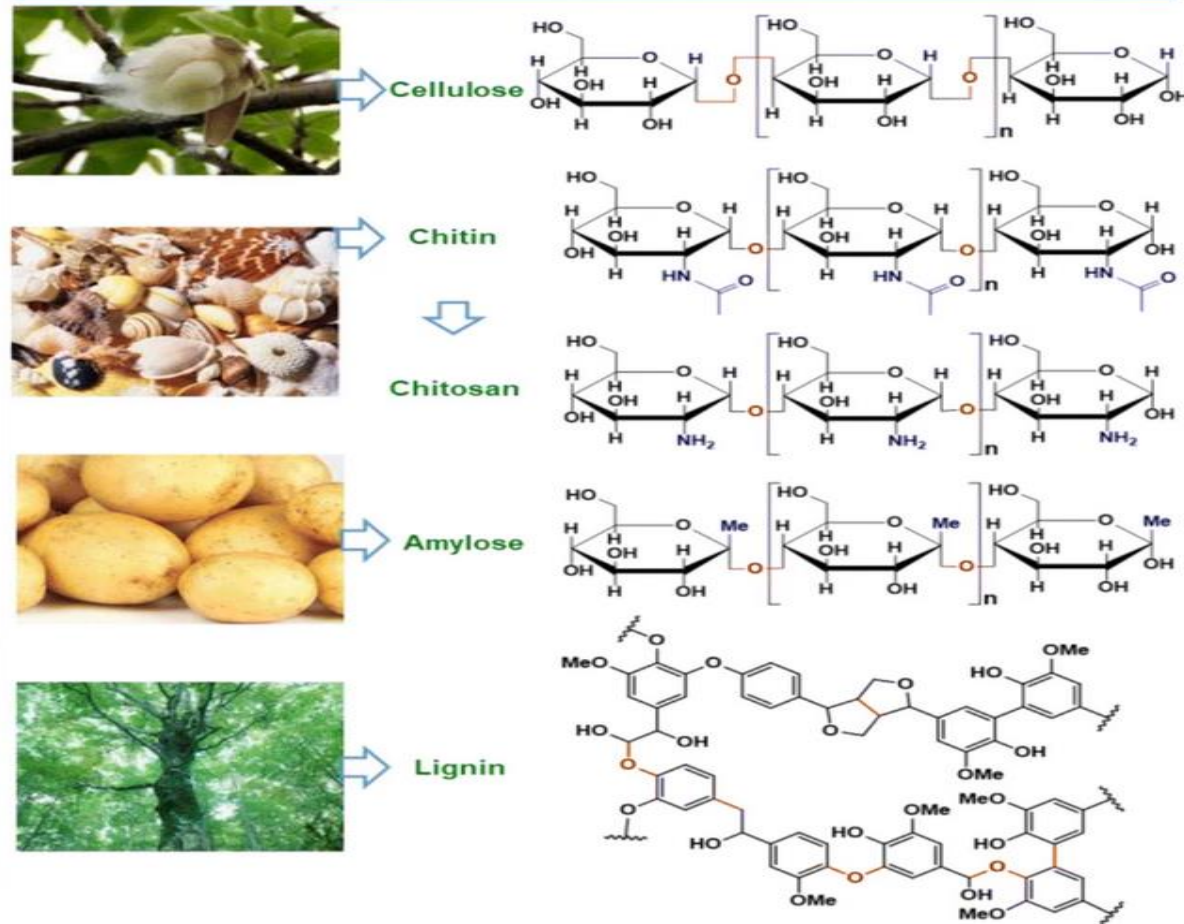
پلیمرهای زیست تخریب پذیر



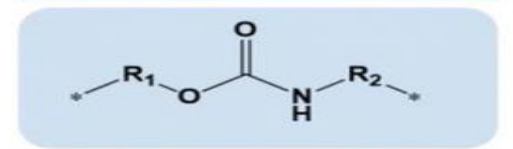
a Aliphatic polyester



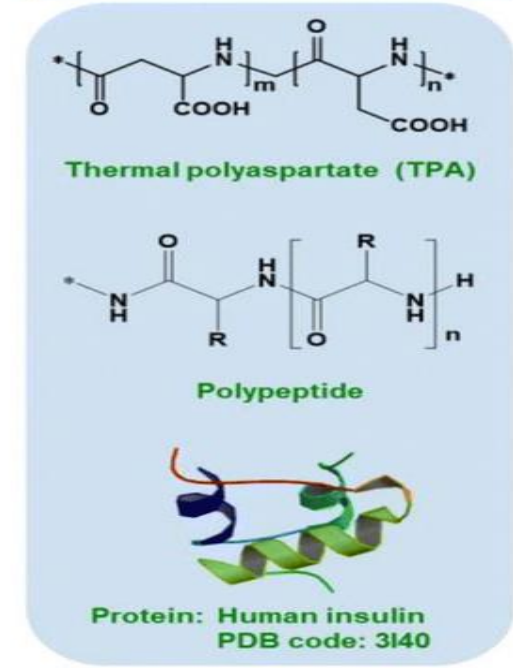
b Natural macromolecules



c Polyurethane



(D) Amide-containing polymer



رویکرد فعلی و آتی در صنعت مواد اولیه پلیمر



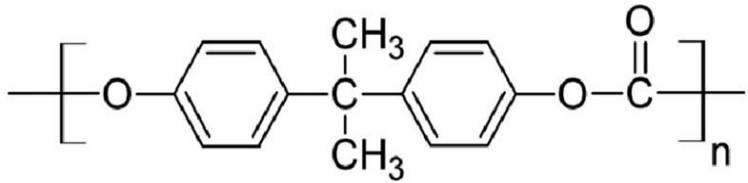
- افزایش ظرفیت تولید مواد پلیمری غیر زیست تخریب پذیر با استفاده از منابع تجدیدپذیر یا غیر فسیلی
- جایگزینی محصولات تولید شده از پلیمرهای غیر زیست تخریب پذیر در کاربردهای کوتاه مدت با مواد اولیه زیست تخریب پذیر
- بهبود خواص مواد زیست تخریب پذیر

عوامل تعریف کننده خواص پلیمر



- نوع اتم های تشکیل دهنده و نحوه قرار گرفتن آنها در ساختار
- گره خوردگی یا chain entanglement
- تبلور یا crystallinity
- دمای انتقال شیشه ای یا Glass Transition Temperature یا T_g

نوع اتم های تشکیل دهنده و نحوه قرار گرفتن در ساختار



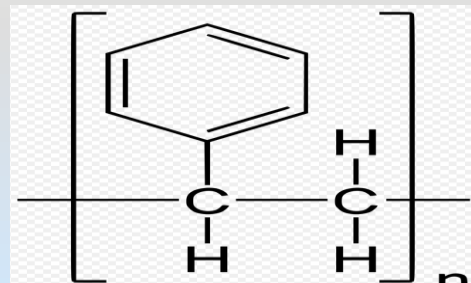
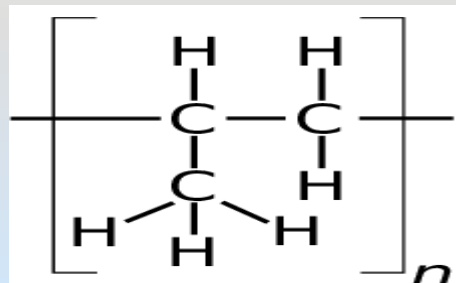
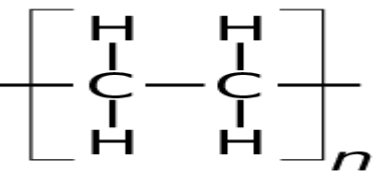
- نوع اتم ها یا گروه های اتمی تشکیل دهنده ساختار پلیمر خواص آن را کنترل می کند.

- قرار گرفتن گروه های عاملی بزرگ یا قطبی در زنجیر پلیمر موجب بهبود خواص آن می شود.

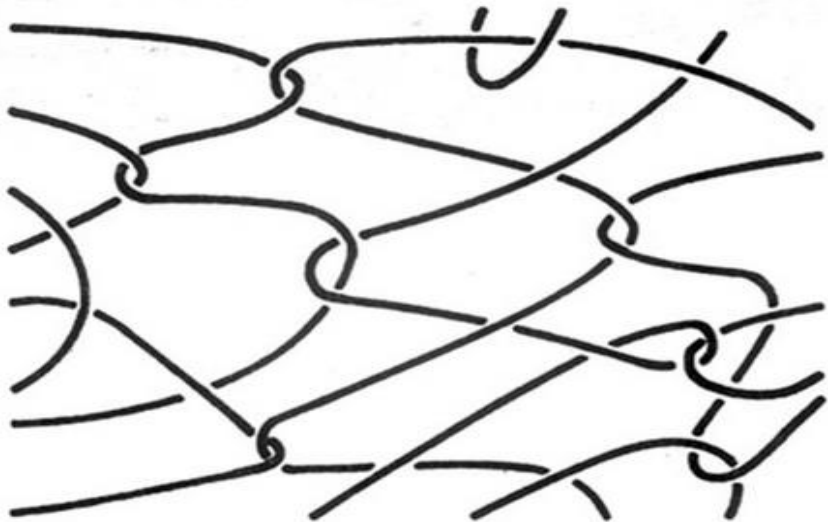
- نحوه قرار گرفتن اتم ها یا گروه های عاملی در ساختار بر خواص ماده موثر است.

- گروه های عاملی آویزان شده از زنجیر اصلی پلیمر بر خواص آن موثر است.

- سوال 2- حضور وینیل استات در ساختار پلی اتیلن چه تاثیری بر خواص آن دارد؟

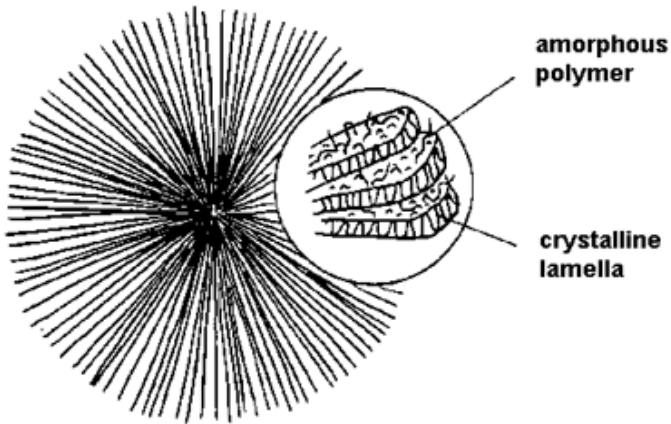
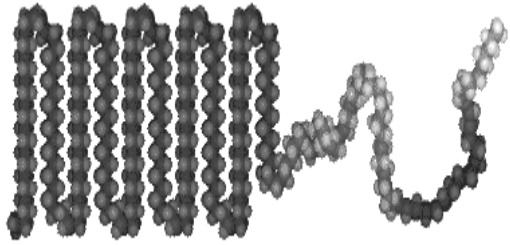


گره خوردگی

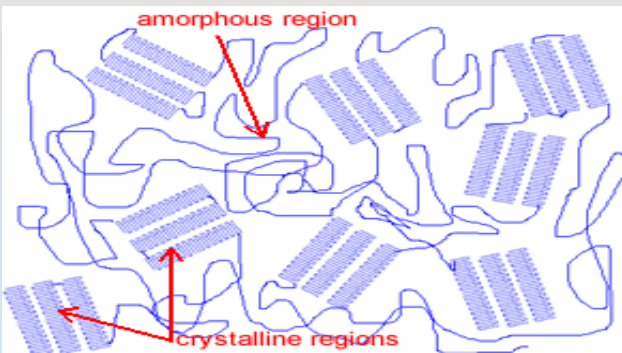


- ساختار متشکل از توالی اتمهای تکراری موجب می شود مولکول های پلیمر به صورت زنجیرهایی باشند.
- نتیجه این ویژگی ساختاری گره خوردن زنجیرهای پلیمر در هم می باشد.
- پس پلیمرها شامل یک ساختار شبکه ای هستند که این شبکه ها همان گره خوردگی بین زنجیرهاست.
- این یک شبکه فیزیکی است و قابلیت شکستن و تشکیل مجدد دارد.
- گره خوردگی مسوول بسیاری از خواص و رفتارهای پلیمرها در حالت های جامد و مذاب است:
 - برگشتن به حالت قبل از اعمال تنش پس از برداشتن نیرو
 - حساسیت به سرعت اعمال نیرو و تغییر رفتار از شکننده به چقر با کاهش سرعت اعمال نیرو
 - تغییر مقاومت در برابر جریان یافتن با سرعت اعمال نیرو

تبلور



- پلیمرها می توانند ساختارهای بلورین تشکیل دهند. نواحی ای که زنجیرهای پلیمری بصورت منظم کنار هم قرار می گیرند.
- نتیجه آن ایجاد بخش هایی سخت (بلور) در کنار بخش های بی شکل (آمورف) و نرم است.
- بنابراین پلیمر یک آلیاژ از بخش های سخت و بخش های نرم است.
- ابتدایی ترین شکل این بخش ها بلوک است.
- از کنار هم قرار گرفتن بلوک ها اشکال مختلفی از بلورها شکل می گیرد.
- این ساختارهای بلوری می توانند شکل های مختلفی داشته باشند ولی شکل کره با نام علمی گویچه معمولاً متداول است.
- درصد فاز بلورین و شکل و اندازه آن خواص پلیمر را تعیین می کند.



دمای انتقال شیشه ای یا T_g



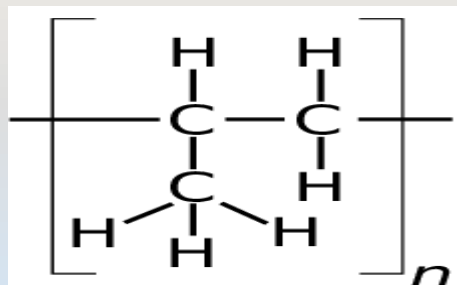
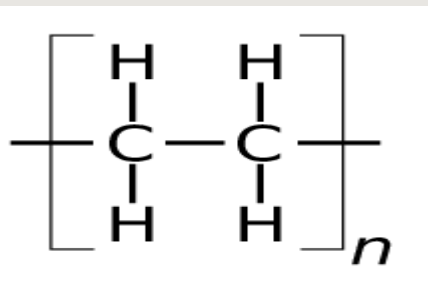
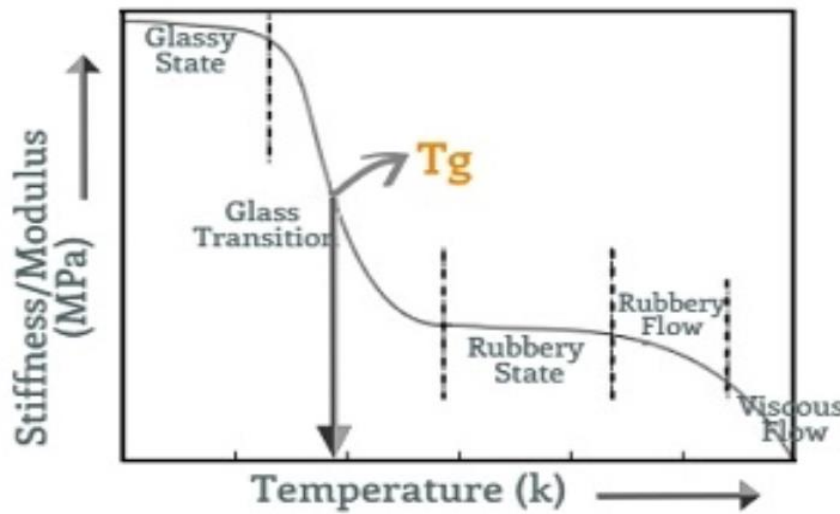
- این دمایی است که بالاتر از آن پلیمر مثل لاستیک نرم شده و کمتر از آن مثل شیشه سفت و سخت و البته شکننده است.

- یعنی قبل و بعد از این دما خواص مکانیکی پلیمر کاملاً تغییر می کند.

- پلیمرهایی مثل PET یا PC دمای انتقال شیشه ای بالاتر از دمای محیط دارند (حدود 70 و 90 درجه) و پلیمرهایی مثل پلی اتیلن و پلی پروپیلن دمای انتقال شیشه ای کمتر از دمای محیط دارند (حدود -110 و -20 درجه).

- T_g تحت تأثیر نوع اتم های تشکیل دهنده پلیمر است.

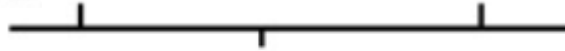
- وقتی دمای انتقال شیشه ای بالاتر از دمای محیط است ساختار پلیمر و گره خوردگی ها می توانند بهبود خواص را بدنبال داشته باشند.



انواع پلی اتیلن



HDPE



Density = 0.94–0.97 g/cm³
Melt point = 128–136°C

MDPE



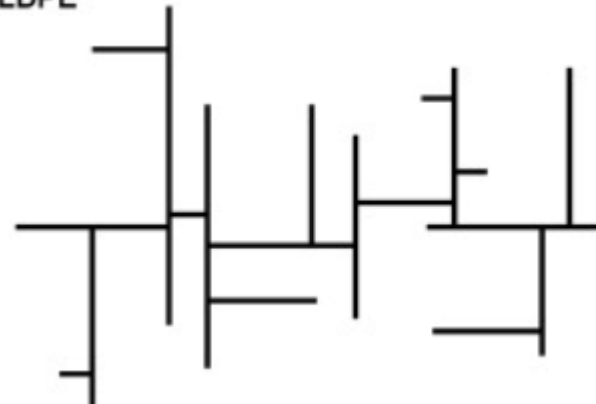
Density = 0.93–0.94 g/cm³
Melt point = 120–130°C

VLDPE/LLDPE



Density = 0.90–0.93 g/cm³
Melt point = 100–130°C

LDPE



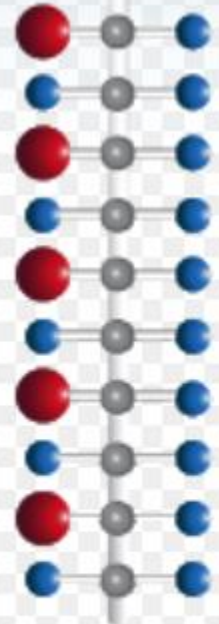
Density = 0.915–0.935 g/cm³
Melt point = 105–115°C

انواع پلی اتیلن

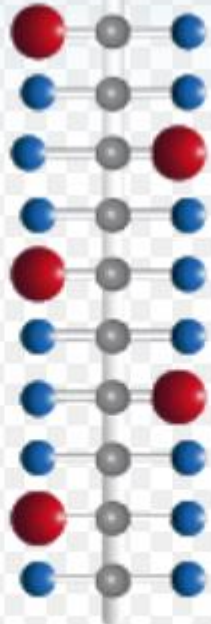


- پلی اتیلن با اینکه فقط از اتم های کربن و هیدروژن تشکیل شده است ولی 4 نوع تجاری آن وجود دارد:
 1. پلی اتیلن سنگین یا HDPE: درصد تبلور بالا، ماده ای مات و چقرمه و با استحکام بالا
 2. پلی اتیلن نیمه سنگین یا MDPE: درصد تبلور نسبتا بالا، ماده ای مات و با استحکام کمتر از HDPE و چقرمگی بالاتر
 3. پلی اتیلن سبک خطی/بسیار سبک یا LLDPE/VLDPE: درصد تبلور نسبتا پایین، ماده ای نسبتا مات، بسیار چقرمه و بسیار منعطف
 4. پلی اتیلن سبک یا LDPE: درصد تبلور نسبتا پایین، ماده ای شفاف و چقرمه نسبتا منعطف
- تنها نحوه قرار گرفتن اتم های کربن در کنار هم است که این همه تفاوت را ایجاد کرده است.
- این تفاوت موجب درصدهای تبلور مختلف شده و در نتیجه خواص مختلف برای آنها ایجاد می شود.
- در مورد LDPE علاوه بر درصد تبلور، گره خوردگی نیز شدیدا تحت تأثیر بوده و با حضور شاخه های بلند بیشتر می شود.

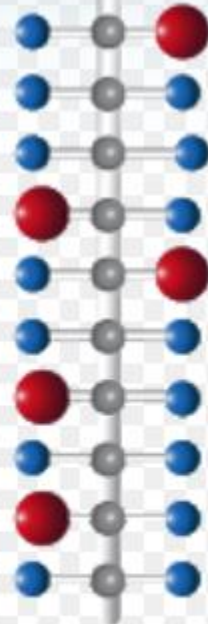
انواع پلی پروپیلن



Isotactic PP



Syndiotactic PP



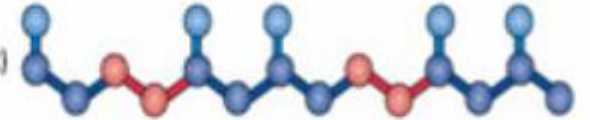
Atactic PP

● Methyl Group ● Carbon ● Hydrogen

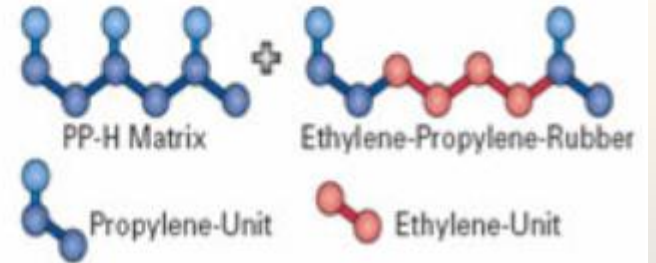
Homo-Polymer (PP-H)



Random-Copolymer (PP-R)



Block-Copolymer (PP-B)



انواع پلی پروپیلن



- پلی پروپیلن هم مانند پلی اتیلن فقط از اتم های هیدروژن و کربن تشکیل شده است ولی با این حال سه نوع اصلی را شامل می شود.
 - پلی پروپیلن هموپلیمر: فقط شامل مولکول های پروپیلن می باشد.
 - پلی پروپیلن کوپلیمر تصادفی: شامل مولکول های پروپیلن و یک مولکول دیگر مانند اتیلن می باشد.
 - پلی پروپیلن کوپلیمر بلوکی: شامل مولکول های پروپیلن و یک مولکول دیگر مانند اتیلن می باشد.
- پلی پروپیلن هموپلیمر با توجه به نحوه چینش گروه CH_3 نسبت به زنجیر اصلی سه نوع می باشد:
 - پلی پروپیلن ایزوتکتیک
 - پلی پروپیلن سیندیوتکتیک
 - پلی پروپیلن اتکتیک
- سوال 3- تفاوت های خواص سیندیوتکتیک پلی پروپیلن با ایزوتکتیک پلی پروپیلن چیست؟
- سوال 4- با توجه به پارامترهای مهم ساختاری پلیمر توضیح دهید چرا PP هموپلیمر از HDPE سفت تر است؟

انواع پلی پروپیلن



- در انواع اصلی پلی پروپیلن تفاوت ساختاری با حضور اتیلن و نحوه قرار گرفتن آن در کنار پروپیلن ایجاد شده است.
- در کوپلیمر تصادفی حضور اتیلن باعث کاهش قابلیت تبلور و در نتیجه کاهش سفتی و استحکام و در مقابل افزایش چقرمگی می شود.
- در کوپلیمر بلوکی حضور اتیلن اثر منفی بر تبلور ندارد لذا استحکام و سفتی شبیه هموپلیمر است با این حال T_g بدلیل حضور جزء لاستیکی کاهش می یابد. لذا خواص چقرمگی در دماهای منفی بهبود یافته و خاصیت تاشویی یا فلکس بهبود می یابد.
- در انواع هموپلیمر نحوه قرار گرفتن گروه جانبی متیلن یا CH_3 درصد تبلور را کنترل کرده و در نتیجه سفتی و استحکام را کنترل می کند.



معرفی مشخصات مهم و اصلی پلی اتیلن و پلی پروپیلن

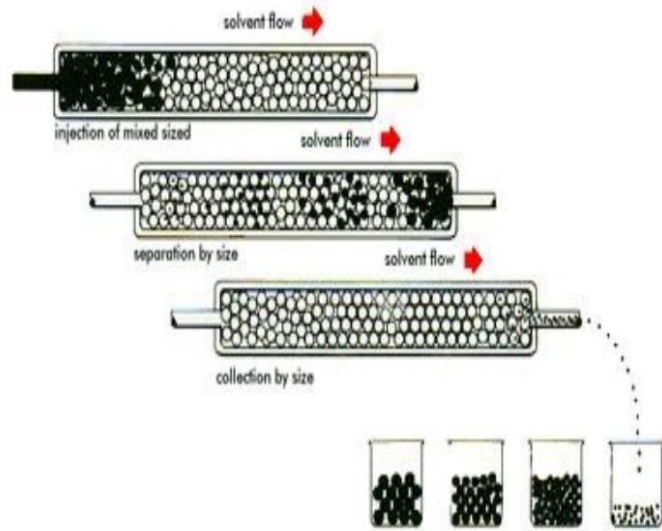
مشخصات مهم پلی اتیلن و پلی پروپیلن



- طول متوسط زنجیر و توزیع اندازه آن
- دانسیته
- خواص کششی
- مقاومت ضربه
- دمای اعوجاج حرارتی یا نقطه نرمی
- خواص نوری
- خواص دراز مدت

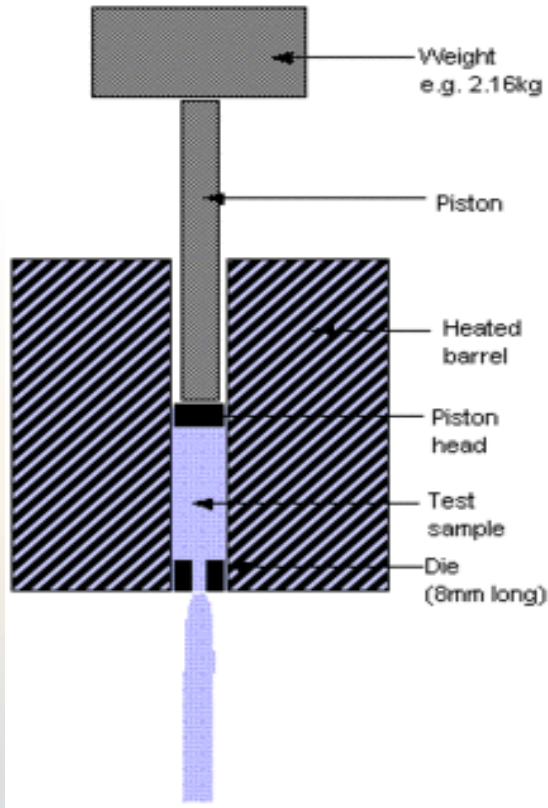
طول متوسط زنجیر و توزیع اندازه آن

- یکی از مشخصه های اصلی مولکول های پلیمر طول آنهاست که با وزن مولکولی بیان می شود.



- برای اندازه گیری وزن مولکولی از دستگاه GPC استفاده می شود.
- GPC یکی از روش های کروماتوگرافی است که در این روش ها از تفکیک اجزای سازنده یک ترکیب با تکنیک های مختلف استفاده می شود.
- در روش GPC طول های مختلف مولکول های سازنده یک پلیمر از هم تفکیک می شوند. خروجی این روش هم **متوسط وزن مولکولی** و هم **توزیع وزن مولکولی** است.

معیار شاخص جریان مذاب (MFI)



- اما روش هایی هم هست که بطور غیر مستقیم می توان طول مولکول را از آن فهمید. یکی از آنها شاخص جریان مذاب یا MFI است.
- شاخص جریان مذاب: مقدار مذاب پلیمری که در دمای استاندارد، تحت اعمال بار (وزنه) استاندارد و در زمان 10 دقیقه از یک سوراخ با قطر استاندارد خارج می شود.
- شاخص جریان مذاب با طول زنجیر یا وزن مولکولی ارتباط عکس دارد.

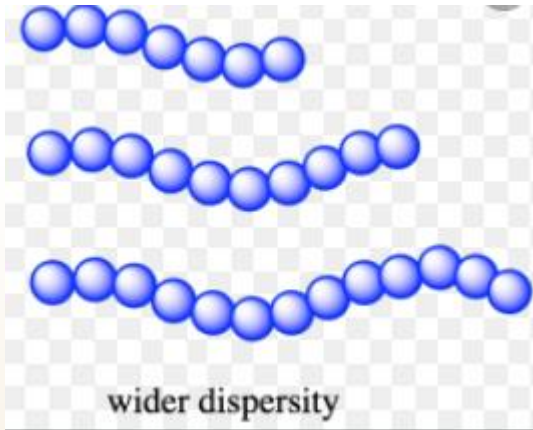
MFI کمتر ← مقدار کمتر پلیمر خارج شده از سوراخ دستگاه MFI ← جریان آهسته تر مذاب ← مقاومت بیشتر در حرکت زنجیرها ← تعداد بیشتر گره خوردگی ها ← طول بزرگتر مولکول پلیمر

روش تست شاخص جریان مذاب (MFI)



- از استاندارد ASTM D1238 یا ISO 1133 برای اندازه گیری MFI استفاده می شود.
- برای پلی اتیلن ها دمای 190 درجه و برای پلی پروپیلن ها دمای 230 درجه استفاده می شود.
- MFI معمولاً در وزنه های 2.16 یا 5.0 کیلوگرم و 21.6 کیلوگرم اندازه گیری می شوند.
- اما چرا MFI در وزنه های مختلف اندازه گیری می شود؟
- MFI وزنه 2.16 یا 5.0 کیلو معیار خوبی از متوسط طول تمام زنجیرهای پلیمر است.

کاربرد شاخص جریان مذاب (MFI)



- مولکول های پلیمر همه طول یک اندازه ندارند.
- پس برخی از زنجیرها کوچک و برخی بزرگند (توزیع اندازه زنجیر یا توزیع وزن مولکولی).
- برای تعیین اختلاف طول زنجیرهای بلند و کوتاه پلیمر از نسبت MFI در دو وزنه 21.6 به 2.16 یا 5.0 کیلو استفاده شده و به آن FRR یا نسبت نرخ جریان می گوییم.
- هر چه FRR بزرگتر باشد یعنی اختلاف طول زنجیرهای بزرگ و کوچک بیشتر است.
- اهمیت FRR در ارتباط آن با سهولت فرایند کردن مواد است. هر چه FRR بزرگتر باشد یعنی مذاب را ساده تر می توان اکستروود کرد.
- وجه دوم اهمیت FRR در تاثیر آن بر خواص است. FRR کمتر موجب خواص چقرمگی بهتر می شود.

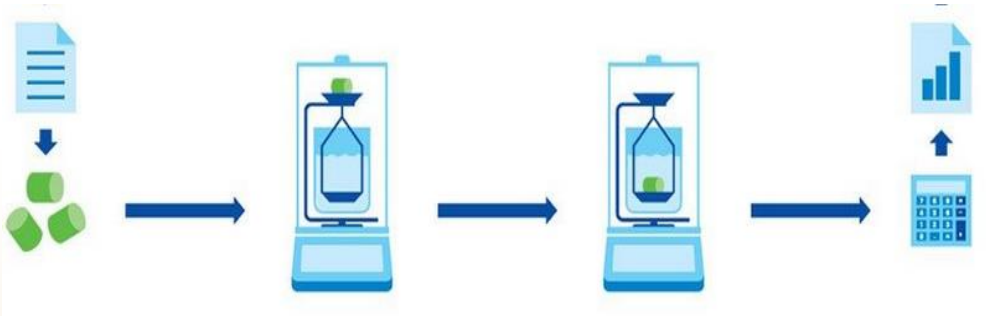
تأثیر زنجیرهای بسیار بلند یا وزن های مولکولی بسیار بالا



- مولکول های پلیمر دارای زنجیرهای بسیار بزرگ هم هستند.
- تعداد این زنجیرها و طول آنها با آزمون MFI قابل تشخیص نیست (مقایسه گریدهای BL4 و 5510).
- اثر این زنجیرهای بزرگ در فرایندهایی مثل فیلم دمشی یا قالبگیری دمشی معلوم می شود.
- این زنجیرها باعث می شوند بتوان فیلم را در فرایند فیلم دمشی بیشتر باد کرد یا روده بزرگتری در قالبگیری دمشی گرفت بدون اینکه مشکلی ایجاد شود.
- برای تعیین آنها باید از روشهایی مانند GPC یا رئومتری استفاده کرد.
- شاخه های بلند در تأثیر بر فرایندپذیری مثل زنجیرهای بسیار بلند عمل می کنند.

دانسپته

- دانسپته معیاری از استحکام و سفتی ماده هست و با آن ارتباط مستقیم دارد.
- پلیمرها موادی نیمه بلورین هستند و دانسپته یک پلیمر برآیند دانسپته بخش های بلورین و بی شکل پلیمر می باشد.
- پس هر چه بلورینگی پلیمر بیشتر باشد دانسپته آن بیشتر است.
- برای اندازه گیری دانسپته از روش های غرقابی یا غوطه وری پلیمر در یک سیال مانند آب استفاده می شود.
- روش ارشمیدسی با استانداردهای ASTM D792 یا ISO1183 اندازه گیری می شود.
- روش ستونی با استانداردهای ASTM D1505 اندازه گیری می شود.



دانسیتة پلی اتیلن و پلی پروپیلن



- دانسیته پلی اتیلن بر حسب نوع آن و نیز گرید متفاوت می باشد.
- پلی اتیلن سنگین: دانسیته اش در بازه 940 تا 970kg/m³ متغیر است (استحکام و سفتی بالا).
- پلی اتیلن نیمه سنگین: دانسیته اش در بازه 930 تا 940kg/m³ متغیر است (استحکام و سفتی نسبتا بالا).
- پلی اتیلن سبک خطی و بسیار سبک: دانسیته اش در بازه 850 تا 930kg/m³ متغیر است (انعطاف پذیری بالا).
- پلی اتیلن سبک: دانسیته اش در بازه 915 تا 936kg/m³ متغیر است (استحکام نسبتا پایین و انعطاف پذیری نسبتا بالا).
- دانسیته پلی پروپیلن چندان تحت تأثیر نوع آن و نیز گرید نیست و معمولا در بازه 0.89 تا 0.91 متغیر می باشد.

خلاصه موارد مطرح شده در جلسه اول روز اول دوره



- پلیمرها برای مقایسه باید ویژگی های نوع اتم های سازنده، نحوه چیدمان آنها، مقدار گره خوردگی زنجیرها، درصد تبلور و Tg آنها با هم مقایسه شود.
- تنوع در نوع پلی اتیلن ها ناشی از تفاوت در نحوه چینش اتم های سازنده آنها و درصد های تبلور و مقدار گره خوردگی آنهاست.
- تنوع در نوع پلی پروپیلن ها ناشی از تفاوت در نوع اتم ها و چینش اتم های سازنده آنها و درصدهای تبلور آنهاست.
- MFI وزنه های 2.16 یا 5 کیلو با وزن مولکولی رابطه عکس دارد.
- FRR با توزیع وزن مولکولی متناسب است.
- دانسیته با استحکام متناسب است.

سفتی و سختی



- سفتی به معنی مقاومت در برابر تغییر شکل کم در پلیمر است. مثلاً قابلیت خم شدن یک میله پلاستیکی، مقاومت بدنه یک بطری پلاستیکی در برابر فشار با دست یا یک لوله در برابر تغییر شکل تحت فشار.
- استحکام و سفتی ترم های معادل هم هستند و باهم ارتباط مشتقیم دارند.
- سختی معیاری از سخت بودن سطح پلاستیک است و می تواند با سفتی معادل باشد و می تواند هم متفاوت از آن باشد.
- سفتی یک ویژگی توده قطعه است ولی سختی ویژگی سطحی است.
- قطعه ای که سفت است معمولاً سخت هم هست ولی قطعه سخت لزوماً سفت نیست.



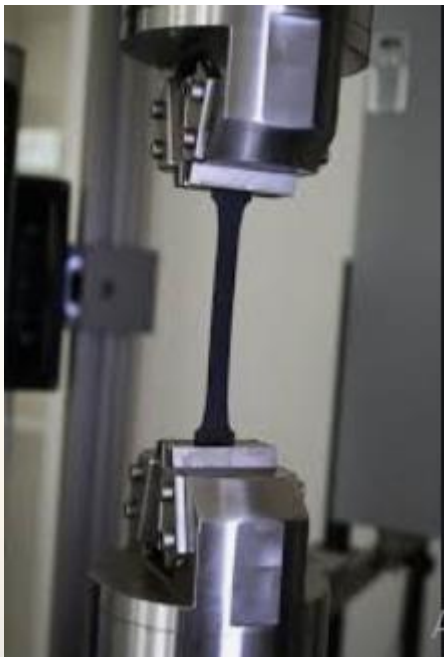
خواص کششی



- برای اینکه بدانیم یک قطعه شکل دهی شده برای تأمین الزامات مورد نیاز آن کاربرد مثل قابلیت تحمل بار بدون تغییر شکل یا نازک شدن، خم نشدن یا شکم ندادن تحت بار مناسب است یا نه لازم است خواص کششی آن اندازه گیری شود.



خواص کششی

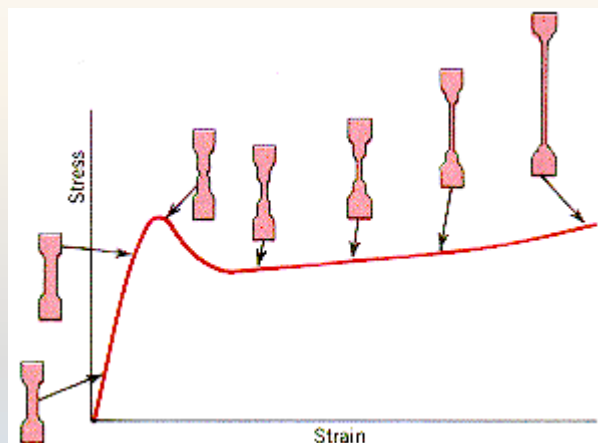


- تست کشش روی یک نمونه دمبلی شکل (اشکال استاندارد دیگری هم وجود دارد) انجام می شود. نمونه بین دو فک بسته می شود و دستگاه آن را با سرعت مشخصی مطابق استاندارد تا رسیدن به نقطه پارگی می کشد.

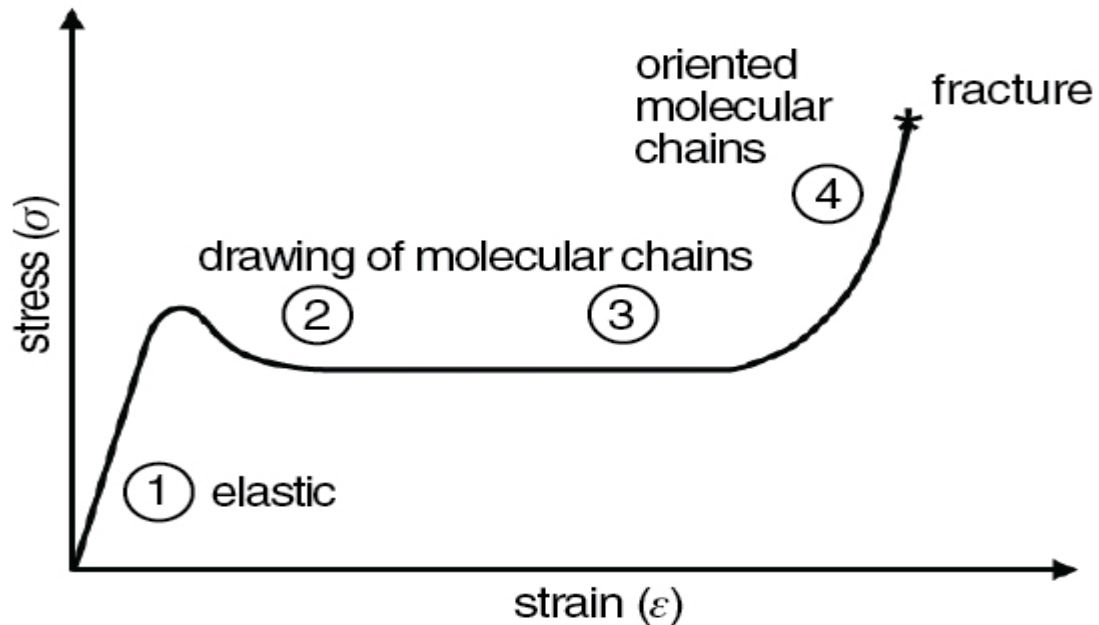
- خواص کششی اطلاعات زیر را مشخص می شود:

- مدول
- تنش و کرنش تسلیم
- تنش و کرنش پارگی

- این آزمون مطابق استاندارد ASTM D638 یا ISO527 انجام می شود.

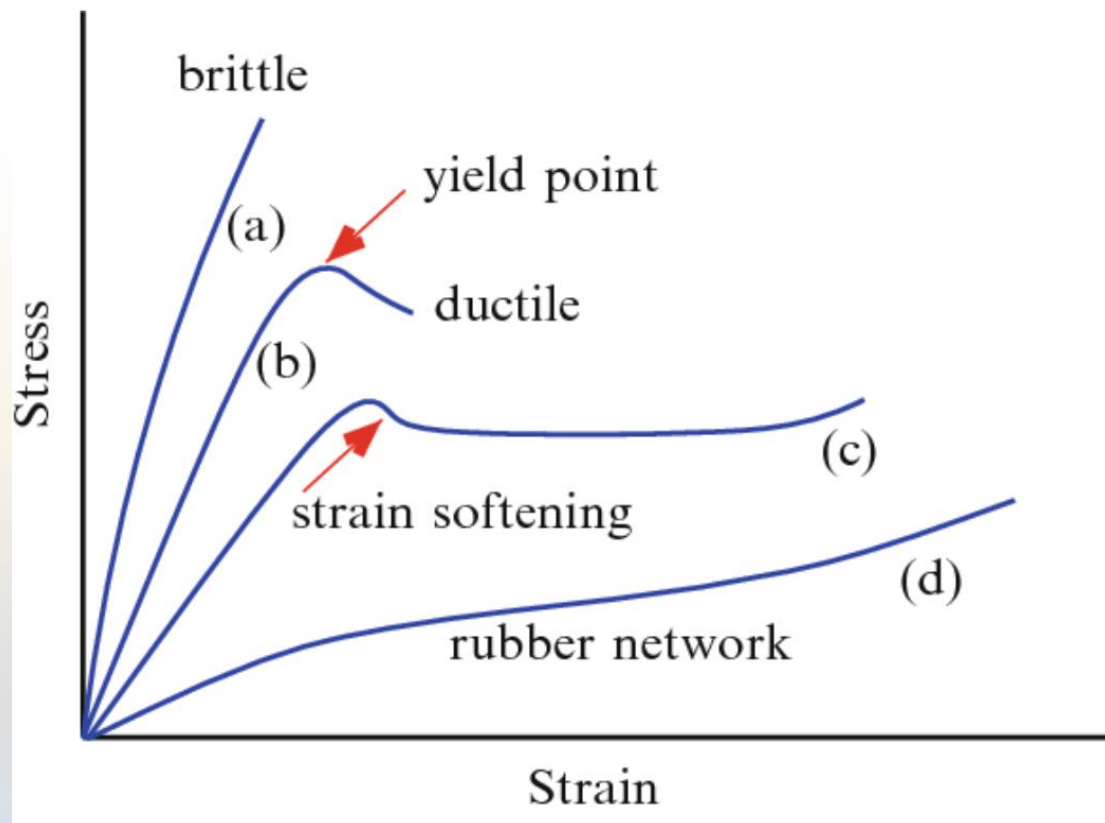


خواص کششی



- مدول: مقاومت در برابر تغییر شکل ماده است. مدول معیاری از سفتی ماده هست. مدول بالاتر یعنی سفتی بیشتر.
- نقطه تسلیم: نقطه ای است که وقتی از آن عبور کنیم تغییر شکل ماده با سهولت بیشتر ادامه می یابد ولی با برداشتن نیرو تغییر شکل ماده بطور کامل برنمی گردد.
- نقطه پارگی: نقطه ای که ماده دچار شکست یا پارگی می شود.

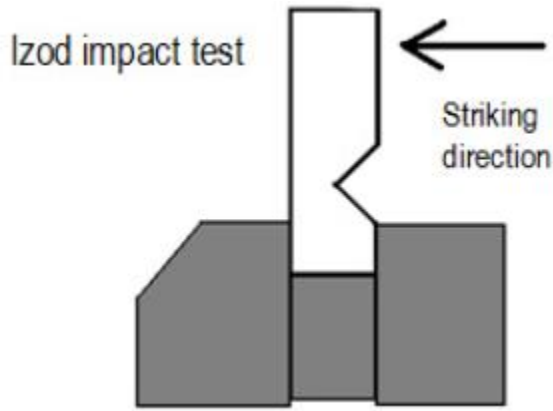
ارتباط رفتار کشش با نوع و خواص پلیمرها



- a: رفتار شکننده مانند پلی استایرن معمولی
 - b: رفتار چقرمه سخت و قوی مانند رزین پلی استر حاوی الیاف
 - c: رفتار چقرمه سخت مانند پلی اتیلن و پلی پروپیلن
 - d: رفتار منعطف و نرم مانند انواع لاستیک
- سوال 5- تفاوت رفتار کششی HDPE و PP هموپلیمر در چه مواردی است؟



مقاومت ضربه



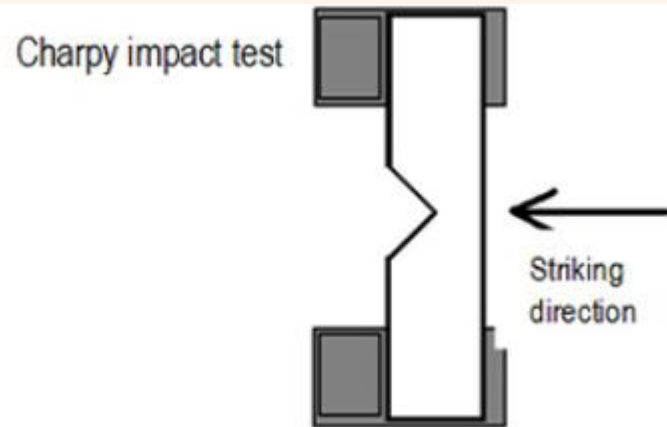
- این خاصیت معرف قابلیت ماده در جذب انرژی حاصل از تغییر شکل در سرعت های بالاست.

- این خاصیت برای پلی الفین ها در دماهای مختلف شامل دمای محیط، صفر درجه و یا دماهای منفی مهم است.

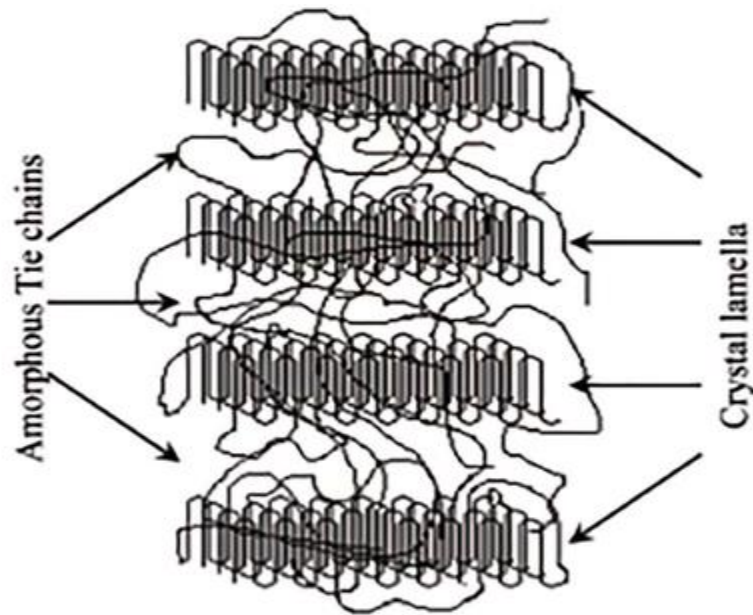
- برای پلی پروپیلن در دماهای بالاتر از صفر و برای پلی اتیلن در همه دماها تعداد گره خوردگی ها و مقدار فاز آمورف تعیین کننده مقدار این خاصیت است و با افزایش آنها مقدارش بیشتر می شود.

- در دماهای منفی برای پلی پروپیلن دمای انتقال شیشه ای کنترل کننده اصلی است و با کاهش آن مقاومت ضربه افزایش می یابد. یک راه برای بهبود مقاومت ضربه در گریدهای PP استفاده از کوپلرهای بلوکی است. زیرا بخش های لاستیکی موجب کاهش دمای انتقال شیشه ای می شوند.

- تست مطابق استاندارد ASTM D256 روش Izod و ASTM D6110 روش Charpy انجام می شود.

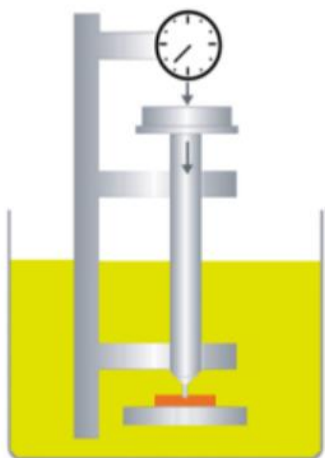


مقاومت ضربه

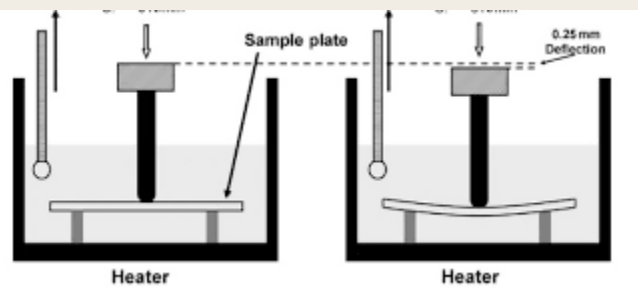


- در اثر ضربه به پلیمرها دو اتفاق رخ می دهد:
 - اول اینکه تعدادی ترک بسیار کوچک در پلیمر تشکیل می شود.
 - دوم این ترک ها بزرگ شده و اگر طول آنها از مقدار مشخصی بیشتر شود پلیمر می شکند.
- پس مقاومت ضربه می تواند دو بخش شود:
 - مقاومت در برابر تشکیل ترک های کوچک
 - مقاومت در برابر رشد ترک های کوچک
- در پلی الفین ها بدلیل ویژگی نیمه بلورین بودن آنها دو جزء بلور و آمورف داریم.
 - هر چه ناحیه آمورف گره خوردگی های بیشتر داشته باشد مقاومت ضربه بیشتر است (وزن مولکولی بالاتر یا MFI کمتر)
 - هر چه ارتباط ناحیه بلورین و آمورف بیشتر باشد مقاومت ضربه بیشتر است (دانسیته کمتر).
 - هر چه توزیع اندازه مولکول ها باریک تر باشد مقاومت ضربه بهتر است (FRR کمتر).
 - هر چه ابعاد بلورها کوچکتر باشد بهتر است (استفاده از عوامل هسته زا).
 - هر چه دمای انتقال شیشه ای ناحیه آمورف کمتر باشد مقاومت ضربه دمای منفی بهتر است.

دماهای اعوجاج حرارتی یا HDT/نقطه نرمی وایکت

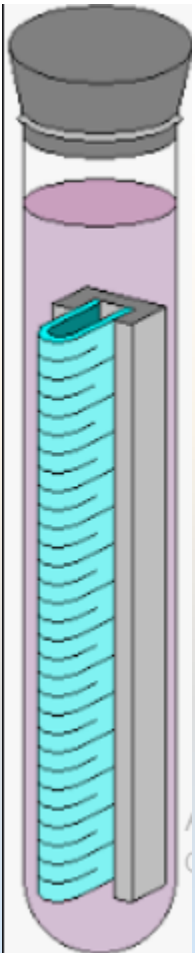
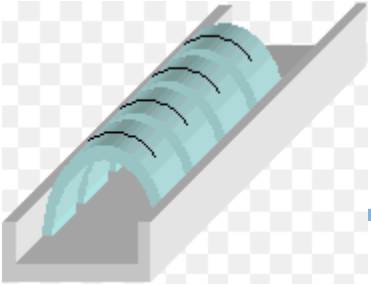


- حداکثر دمایی که پلیمرها در آن دما قابل استفاده هستند یک ویژگی مهم برای آنهاست.
- از دو خاصیت دمای اعوجاج حرارتی و دمای نرمی وایکت برای این منظور استفاده می شود.
- آزمون های این دو ویژگی بر اساس دو شاخص زیر می باشد:
 - مقدار نفوذ یک سوزن با ابعاد مشخص در نمونه در دمای نرمی وایکت
 - مقدار خمش نمونه در دمای اعوجاج حرارتی
- معمولاً دمای نرمی وایکت بالاتر از دمای اعوجاج حرارتی است.
- تست مطابق استاندارد ASTM D648 برای HDT و ASTM D1525 انجام می شود.
- برای پلی الفین ها ترتیب زیر برای دماهای فوق وجود دارد:



PP-Block=PP-Homo>PP-random>HDPE>MDPE>LLDPE>LDPE

خواص دراز مدت



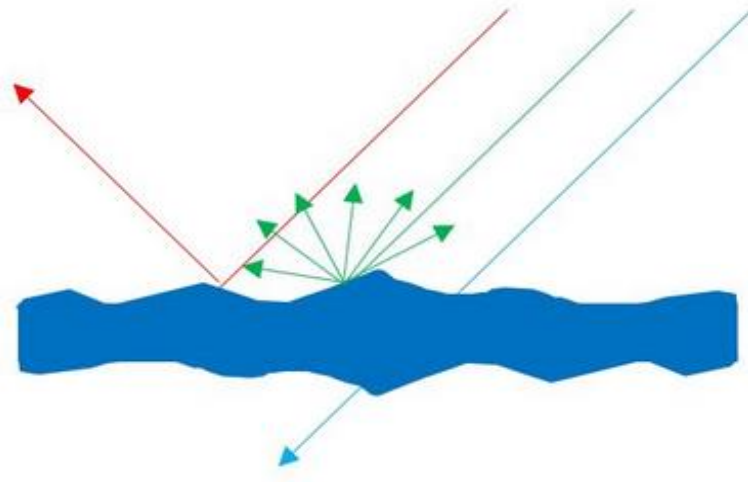
- وقتی که پلیمرها در حین استفاده در یک کاربرد بطور مداوم تحت تنش هستند ترک هایی که در آنها بطور ذاتی وجود دارد قابلیت رشد پیدا می کند .
- این تنش معمولاً کمتر از تنش تسلیم ماده است.
- حال اگر یک عامل دیگر مانند برخی مواد شیمیایی نیز وارد شود این پدیده تشدید می شود.
- کاربردهایی نظیر درب بطری نوشابه، بطری وایتکس و لوله های تحت فشار آب و گاز
- طول ترک وقتی از حدی بزرگتر می شود ماده دچار شکست می شود.
- این ویژگی پلیمرها یعنی مقاومت در برابر این شرایط با تست ESCR یا مقاومت در برابر تنش محیطی در حضور محیط مهاجم بررسی می شود.
- این تست با روش های مختلف و روی نمونه های مختلف انجام می شود:

- ESCR
- FNCT
- CNTL
- SCG
- ...

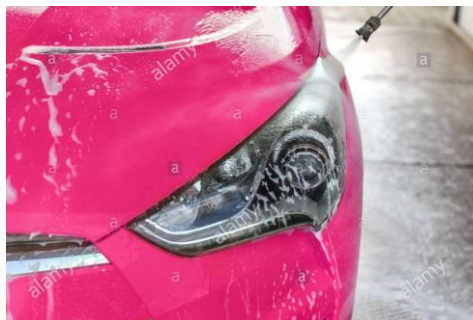
خواص نوری



- وقتی نور به سطح برخورد می کند سه اتفاق می تواند برای آن بیافتد:
- نور از سطح عبور می کند و در همان راستا ادامه مسیر می دهد.
- نور از سطح عبور می کند ولی راستای آن با راستای تابش متفاوت است: انکسار و تفرق
- نور پس از برخورد به سطح با همان زاویه تابش منعکس می شود.
- نور پس از برخورد به سطح با در زوایای مختلف منعکس می شود.



خواص نوری



- خواص نوری در پلیمرها شامل عبورپذیری نور، شفافیت، ماتی و براقیت هستند.
- عبورپذیری نور: یعنی از نوری که به جسم تابیده است چند درصد عبور می کند
- شفافیت: یعنی از نوری که به جسم می تابد چند درصد بصورت منظم عبور می کند.
- ماتی: یعنی از نوری که به جسم برخورد کرده است چند درصد عبور نمی کند.
- براقیت: یعنی از نوری که به سطح جسم برخورد می کند چند درصد بصورت منظم منعکس می شود.

خلاصه موارد مطرح شده در جلسه دوم روز اول

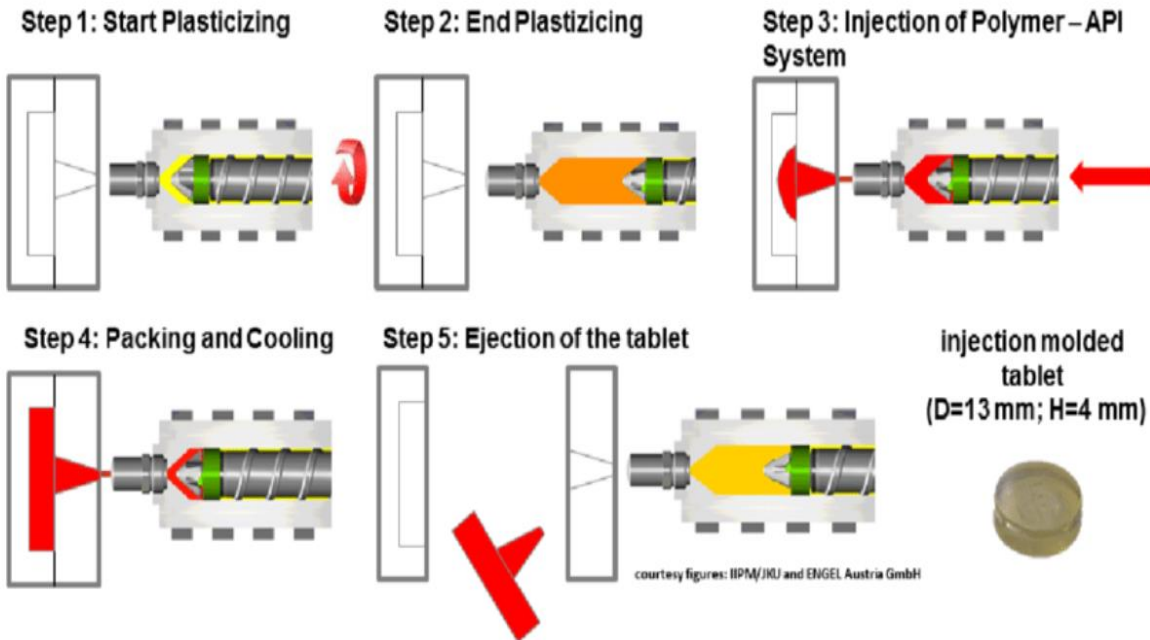


- مدول و تنش تسلیم معادل استحکام، سفتی و دانسیته هستند. با افزایش آنها استحکام، سفتی و دانسیته افزایش می یابند.
- تست کشش رفتار پلیمر را از نظر شکننده یا چقرمه مشخص می کند.
- مقاومت ضربه در پلی اتیلن و پلی پروپیلن با کاهش MFI، کاهش FRR و کاهش دانسیته بهبود می یابد.
- مقاومت ضربه در دمای منفی پلی پروپیلن تابع Tg آن است و با کاهش Tg بهبود می یابد.
- در پلی پروپیلن ابعاد بلور مقاومت ضربه را کنترل می کند. ابعاد کوچکتر بهتر است.
- دمای اعوجاج حرارتی تابع درصد تبلور بوده و با افزایش آن بهبود می یابد.
- خواص دراز مدت پلیمر در معرض تنش و ماده شیمیایی تحت تأثیر سرعت ایجاد ترک و رشد ترک است. این ترک ها نتیجه باز شدن گره خوردگی ها و شل شدن و پارگی زنجیرهای رابط است.
- یک ماده با عبورپذیری بالای نور لزوما شفاف نیست.
- ماتی و شفافیت مقابل هم هستند.
- براقیت یعنی خاصیت آینه ای سطح و انعکاس منظم پرتوی نور



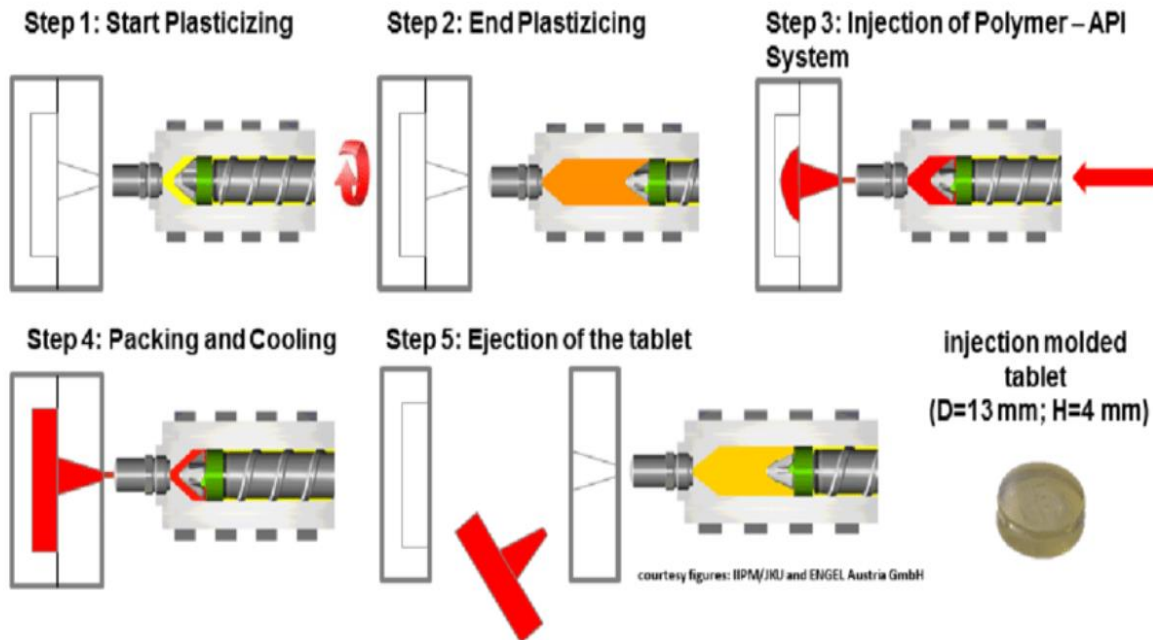
مروری بر فرایندهای شکل دهی پلیمرها

قالبگیری تزریقی



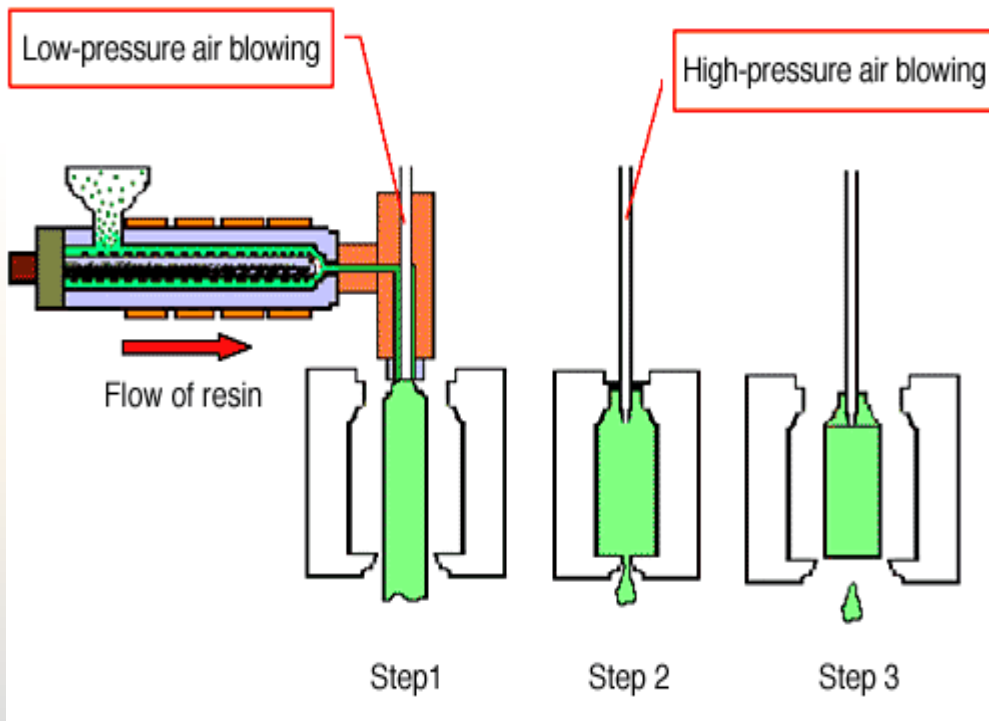
- در این فرایند مواد اولیه تحت اثر اعمال حرارت و حرکت ماردون داخل سیلندر ذوب می شود.
- با حرکت ماردون به سمت عقب مواد مذاب در جلوی ماردون داخل سیلندر تجمع پیدا می کنند.
- با حرکت رو به جلوی ماردون مواد به داخل قالب تزریق می شود.
- قالب دمای پایینی دارند و موجب سرد شدن مواد و تبدیل آن از مذاب به جامد می شود.
- پس از جامد شدن، قالب باز شدن و قطعه شکل یافته از داخل قالب خارج می شود.

فاکتورهای فرایند قالبگیری تزریقی



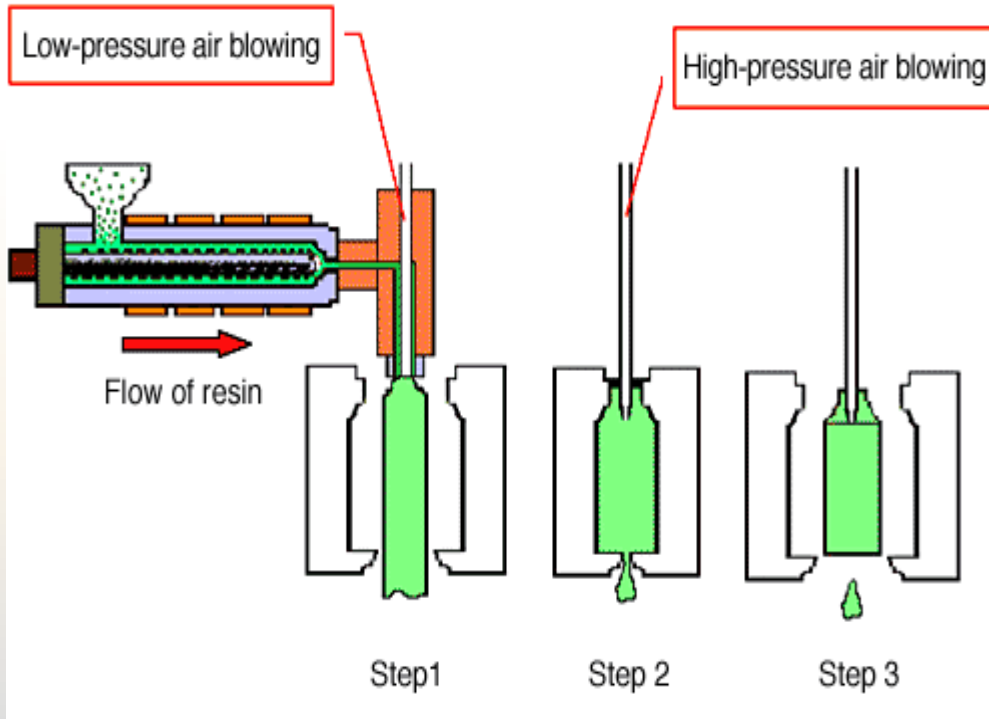
- دمای مذاب (مرحله 1)
- دمای قالب و زمان خنک کاری (مرحله 4)
- سرعت تزریق (مرحله 3)
- فشار نگهداری (مرحله 4)
- تناسب ابعاد قالب و توان ماشین تزریق

قالبگیری دمشی



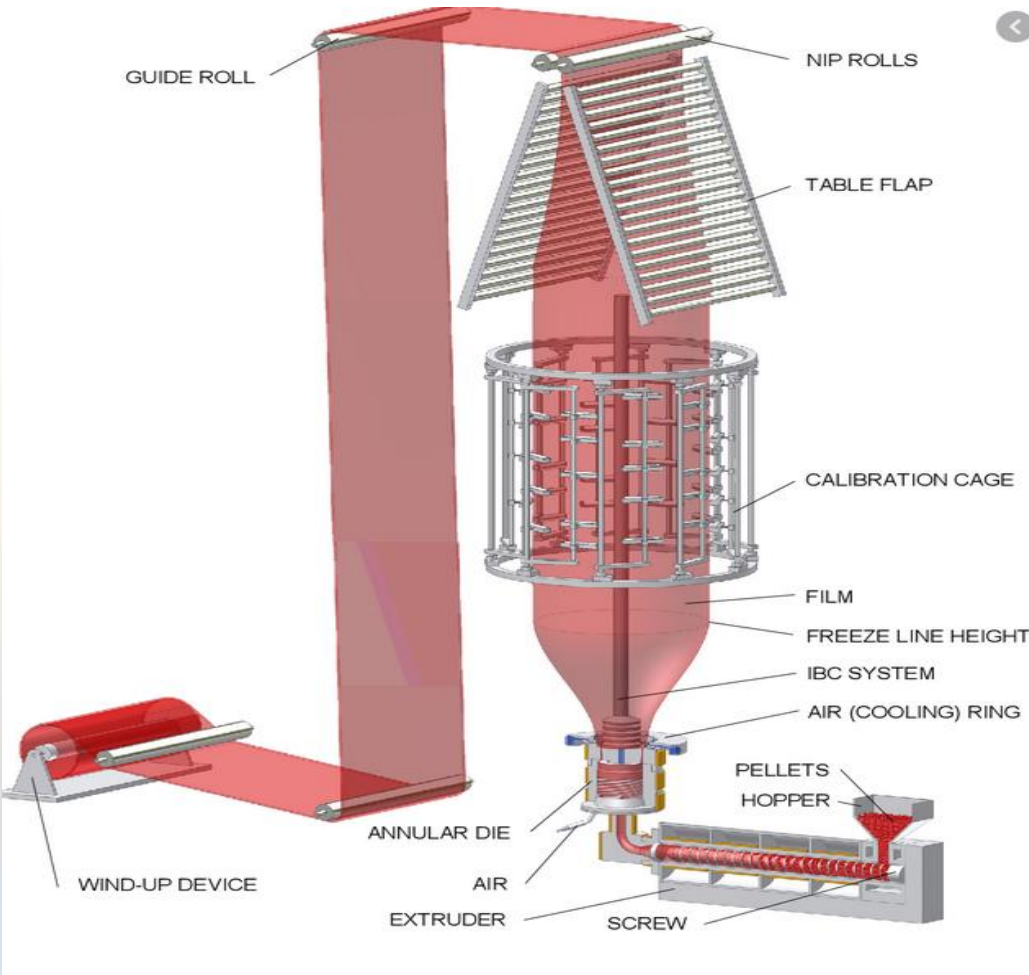
- در این فرایند مواد اولیه در اثر اعمال حرارت و چرخش ماردون در سیلندر ذوب شده و به سمت جلو و سر سیلندر حرکت می کند.
- مواد مذاب با عبور از یک قالب به شکل روده تبدیل می شود.
- روده به سمت پایین حرکت کرده و یک قالب دو تکه آن را در بر میگیرد.
- تیوب باد شده و شکل قالب را به خود می گیرد.
- قالب سرد است و باعث تثبیت شکل مذاب می شود.

فاکتورهای فرایند قالبگیری دمشی



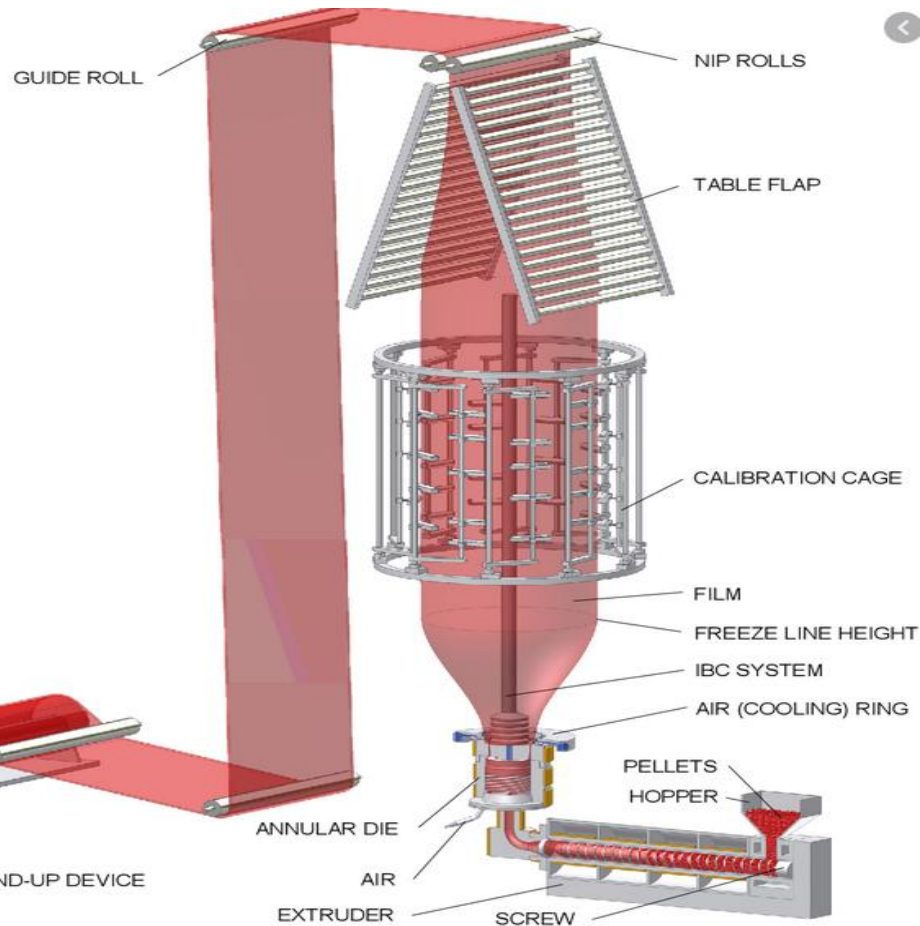
- دمای مذاب
- ابعاد دای
- ابعاد قالب
- دمای قالب و نرخ خنک کاری

فیلم دمشی



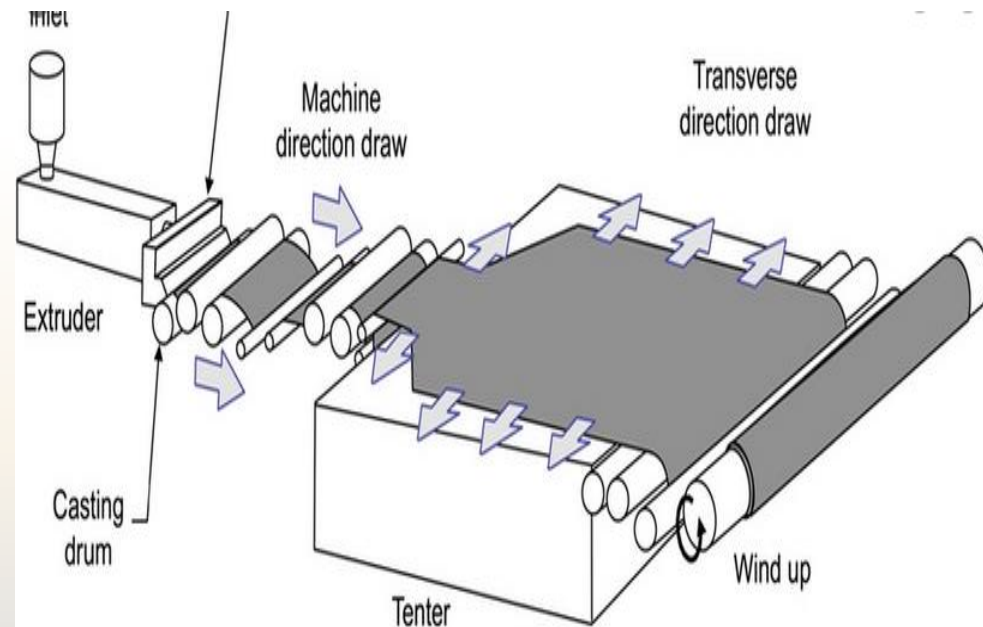
- در این فرایند مواد اولیه در اثر اعمال حرارت و چرخش واردون داخل سیلندر ذوب شده و یک جریان پیوسته مذاب به خارج از سیلندر تشکیل می شود.
- مذاب با عبور از یک قالب به شکل آنالوس به یک تیوب تبدیل می شود.
- این تیوب به سمت بالا حرکت کرده و از بین دو غلتک عبور می کند.
- دمش هوا تیوب را تا قطر مشخص باد می کند و غلتک های بالایی آن را تا ضخامت معینی کم می کند.
- با دمش هوا به بیرون حباب دمای آن کاهش می یابد و سرد می شود.
- حباب پس از غلتک های بالایی بصورت دو لا تا شده و به غلتک های جمع کننده هدایت می شود.

فاکتورهای فرایند فیلم دمشی



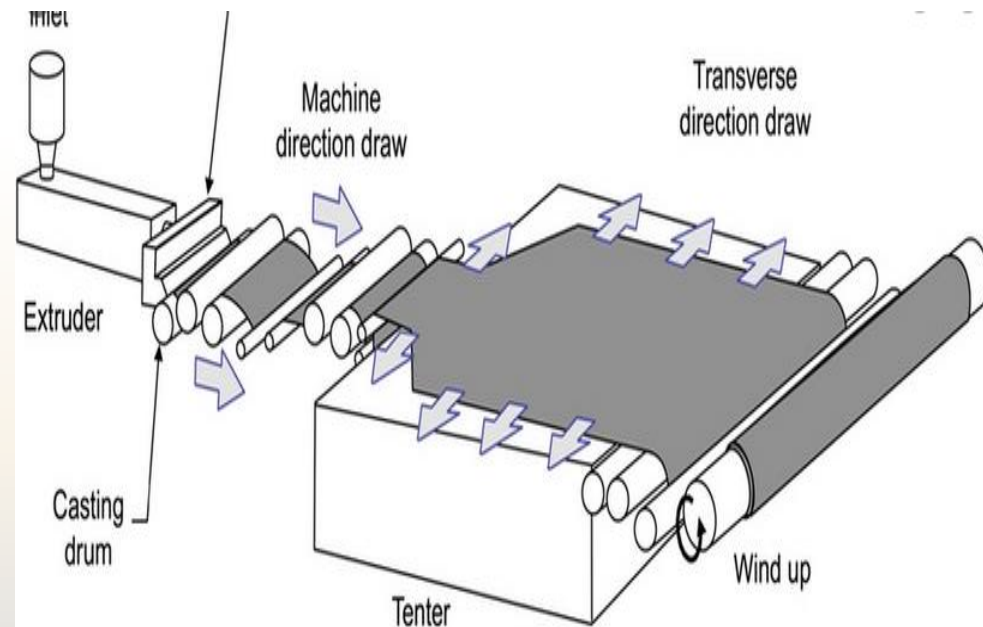
- دمای مذاب
- ابعاد و نوع ماردون
- ابعاد دای
- نسبت دمش
- نسبت کشش

فیلم ریخته گری



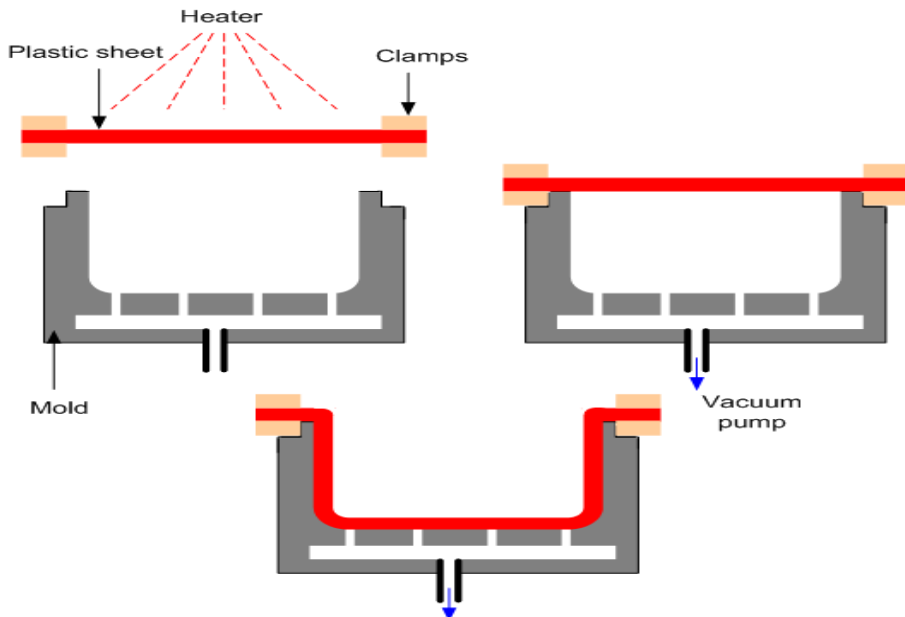
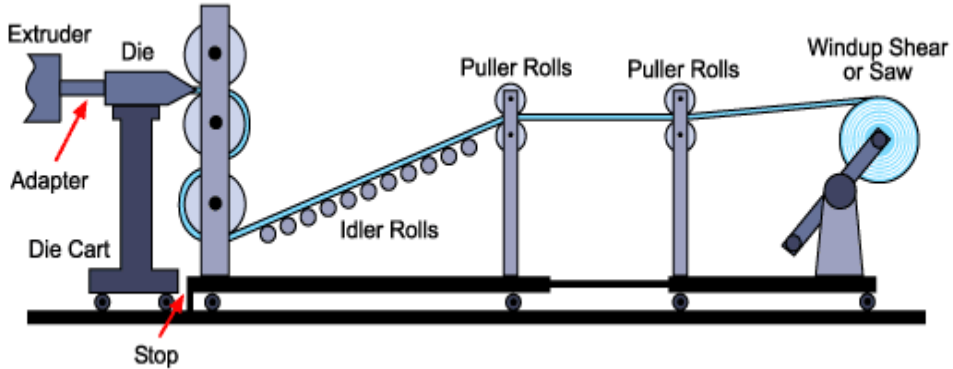
- در این فرایند مواد اولیه در اثر اعمال حرارت و چرخش ماردون داخل سیلندر ذوب شده و به سمت سر سیلندر حرکت می کنند.
- مذاب با عبور از یک قالب به شکل یک صفحه تبدیل می شود.
- این صفحه روی یک غلتک بزرگ و بسیار سرد قرار می گیرد.
- این غلتک صفحه مذاب را تا ضخامت مناسب کشیده و از سوی دیگر سریع آن را سرد می کند.
- لبه های فیلم تولید شده برش خورده و روی یک غلتک جمع می شود.
- فرایندهای فیلم های تک جهت یا دو جهت آرایش یافته دارای مبنای مشابهی هستند و فقط در پایین دست اکسترودر تجهیزات کشش اضافه می شوند.

پارامترهای فرایند فیلم ریخته گری



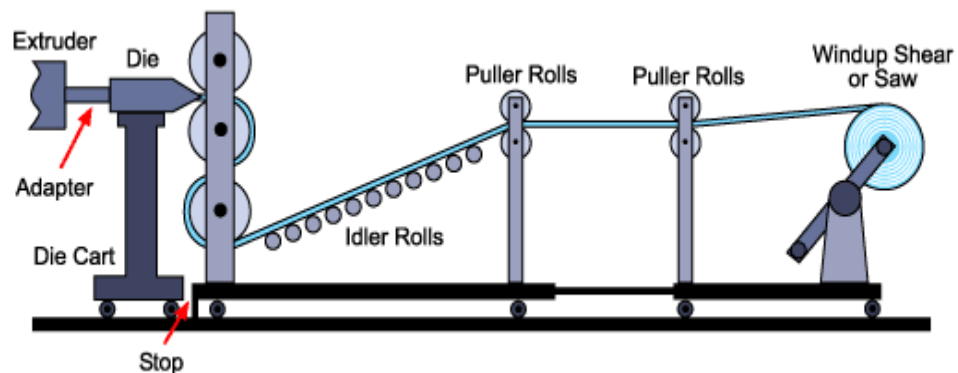
- دمای مذاب
- ابعاد ماردون و نوع آن
- ابعاد دای
- دمای غلتک سرد و سرعت آن نسبت به خروجی دای

ورق/ترمو فورمینگ

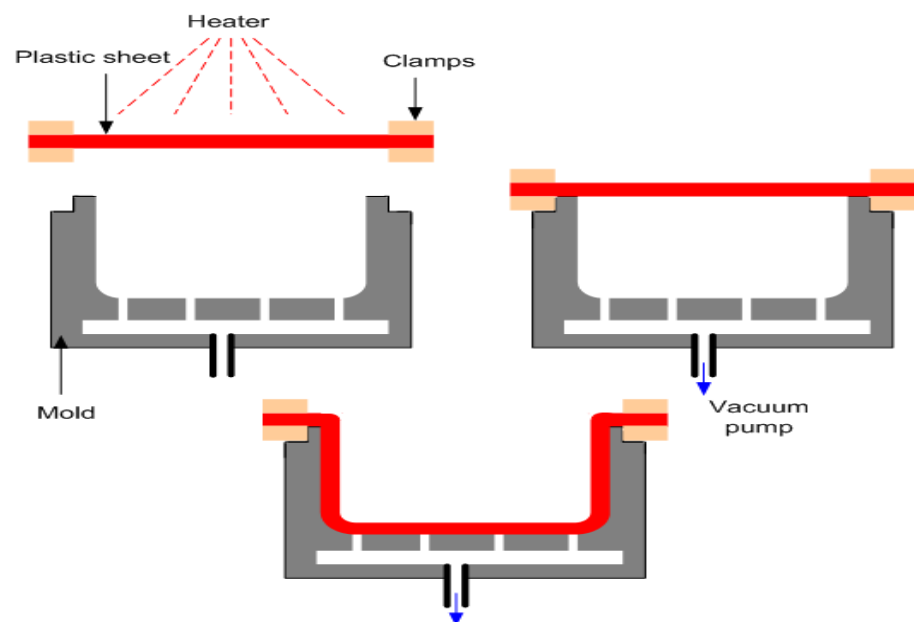


- در این فرایند مواد اولیه در اثر اعمال حرارت و چرخش واردون داخل سیلندر ذوب شده و به سمت سر سیلندر حرکت می کنند.
- مذاب با عبور از یک قالب به شکل یک صفحه تبدیل می شود.
- این صفحه با عبور از بین چپنشی از غلتک های در تماس با هم عبور کرده و ضمن خنک شدن تا ضخامت مشخص کشیده می شود.
- لبه های ورق تولید شده برش خورده و در طول های مشخص برش می خورد یا در صورت نازک بودن روی یک غلتک جمع می شود.
- ورق حرارت داده شده و پس از اینکه به مقدار کافی داغ شد با اعمال نیرو شکل قالب را به خود می گیرد.
- قالب سرد می باشد و موجب تثبیت شکل می شود.
- لبه های قطعه برش خورده و قطعه شکل یافته و برش خورده تشکیل می شود.

پارامترهای فرایند ورق/ترمو فورمینگ

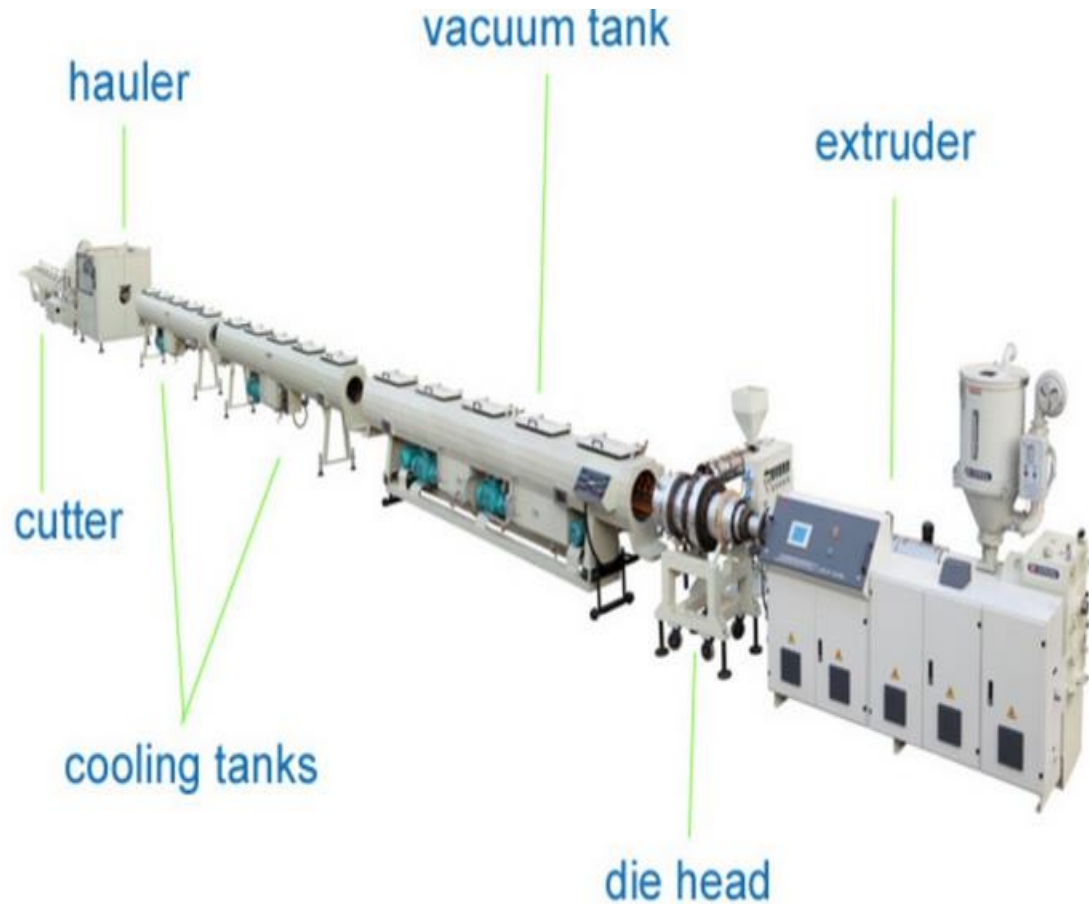


- دمای مذاب
- ابعاد دای
- دما و چیدمان غلتک ها



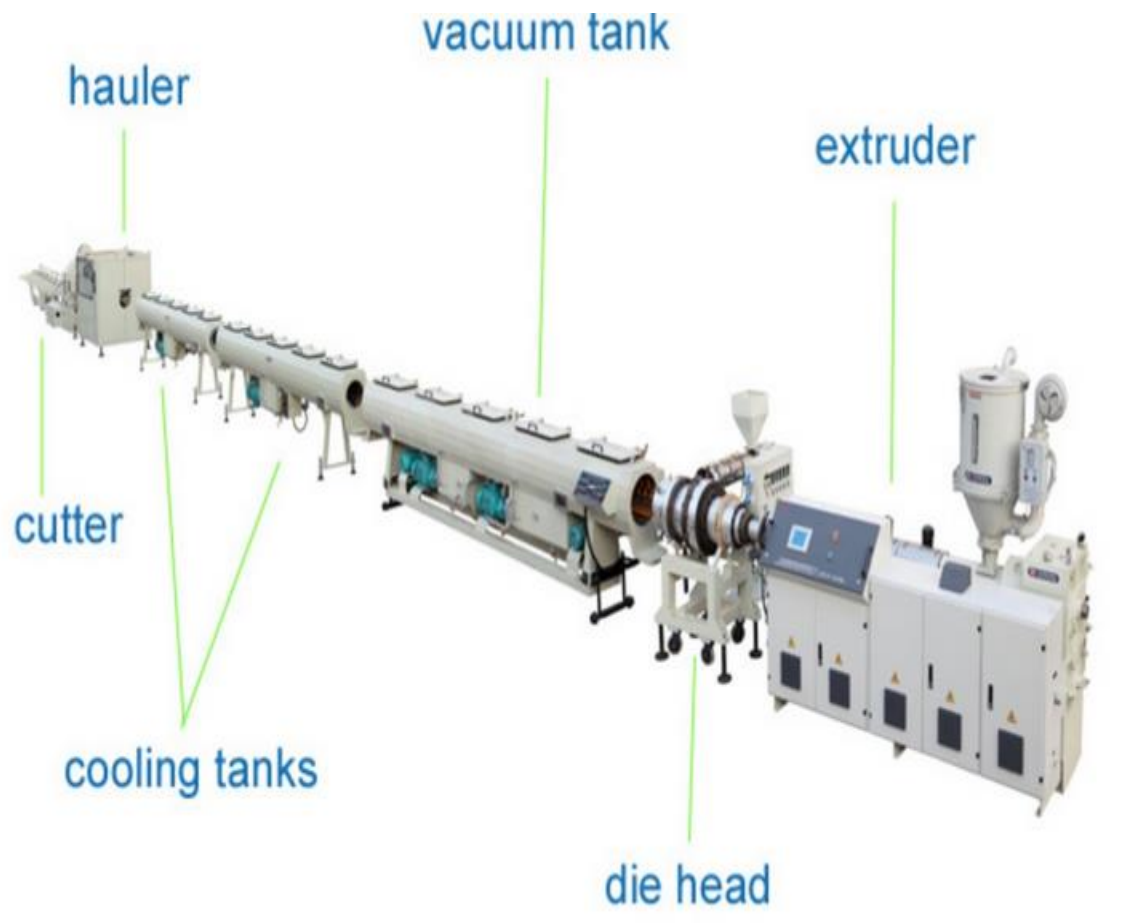
- دمای صفحه
- ابعاد قالب
- سرعت شکل دهی
- دمای قالب

اکستروژن لوله



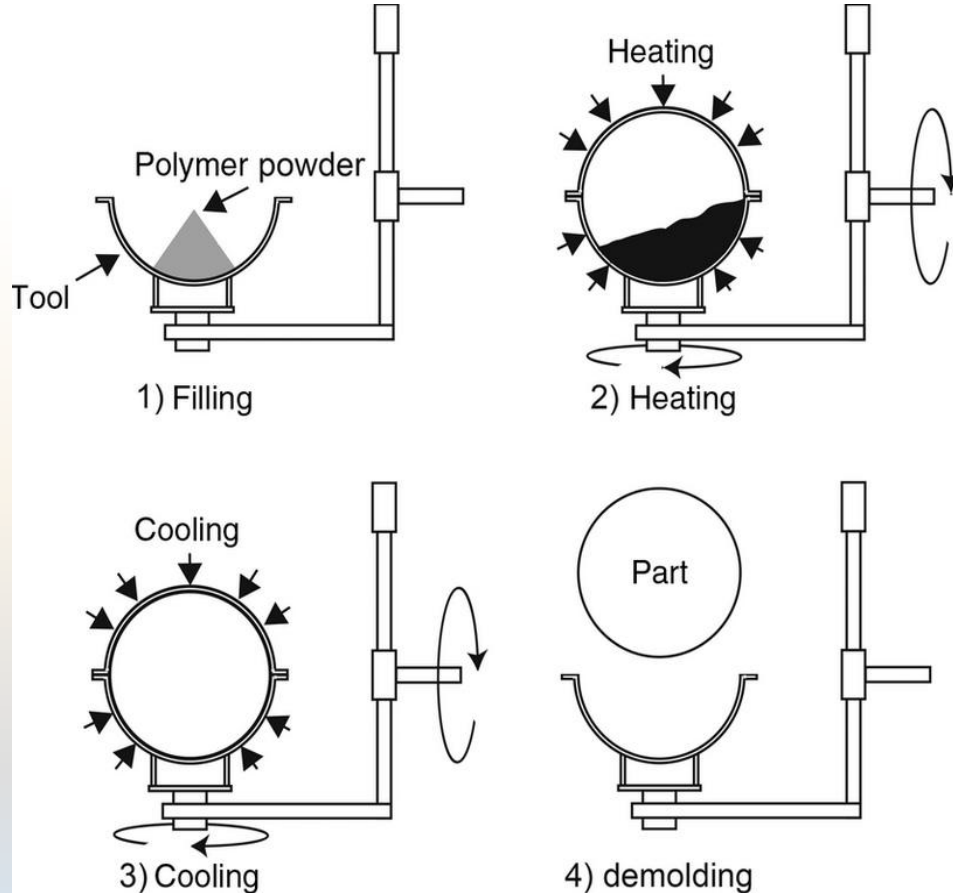
- در این فرایند مواد اولیه در اثر اعمال حرارت و چرخش ماردون داخل سیلندر ذوب شده و به سمت سر سیلندر حرکت می کنند.
- مذاب با عبور از یک قالب به شکل یک تیوب در می آید.
- این تیوب در حرکت افقی و رو به جلو از داخل یک قالب که ابعاد تیوب را از نظر قطر خارجی تنظیم می کند (بنام سایزر) عبور می کند.
- بعد از آن لوله با عبور از حمام سرد می شود.
- لوله تولید شده یا بصورت حلقوی جمع شده یا در سایزهای مشخص برش می خورد.

پارامترهای فرایند اکستروژن لوله



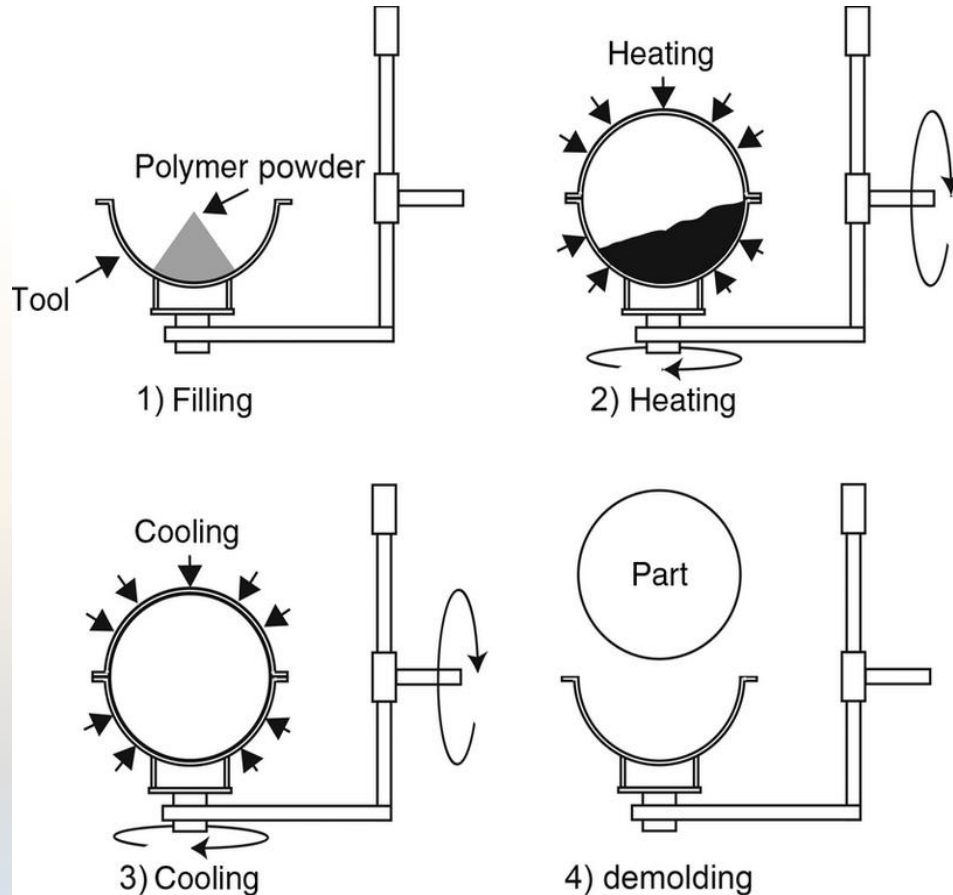
- دمای مذاب
- سرعت کشش لوله
- شرایط خنک کاری

قالبگیری چرخشی



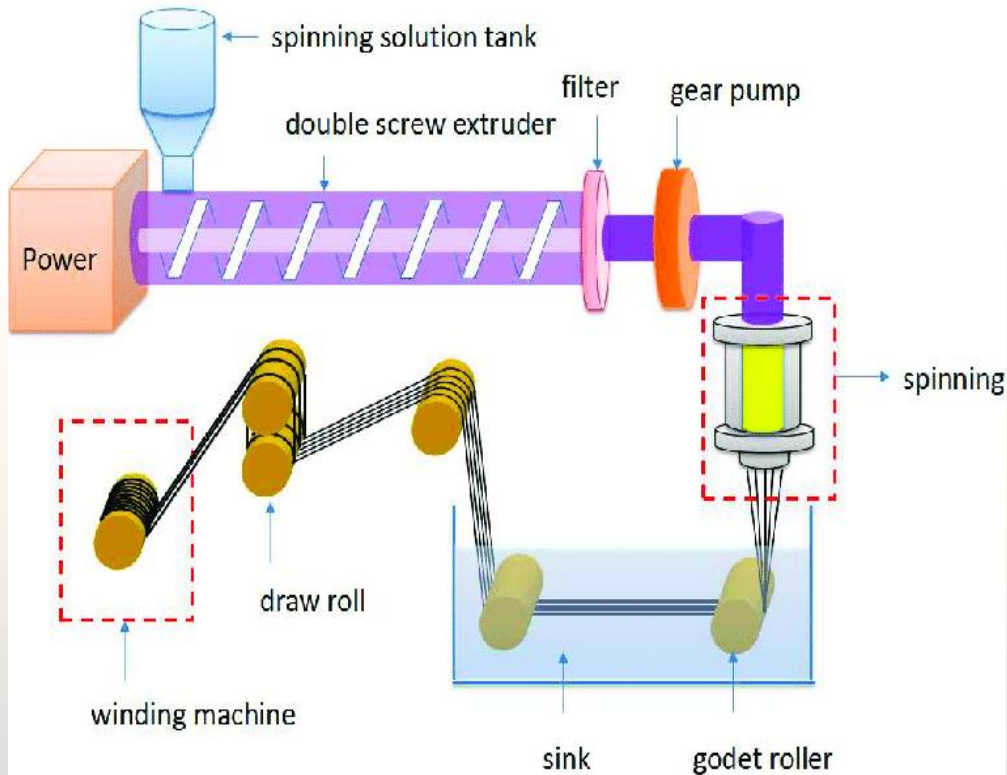
- مواد اولیه بصورت پودر داخل قالبی که بصورت یک پوسته از شکل نهایی است ریخته می شود.
- قالب ضمن دریافت حرارت از بیرون در جهات مختلف دوران نیز می کند.
- در نتیجه اعمال حرارت مواد ذوب شده و در اثر دوران مواد مذاب بصورت یک لایه روی قالب قرار می گیرند.
- سپس قالب سرد شده و از هم باز می شود و قطعه از قالب خارج می شود.

پارامترهای فرایند قالبگیری چرخشی



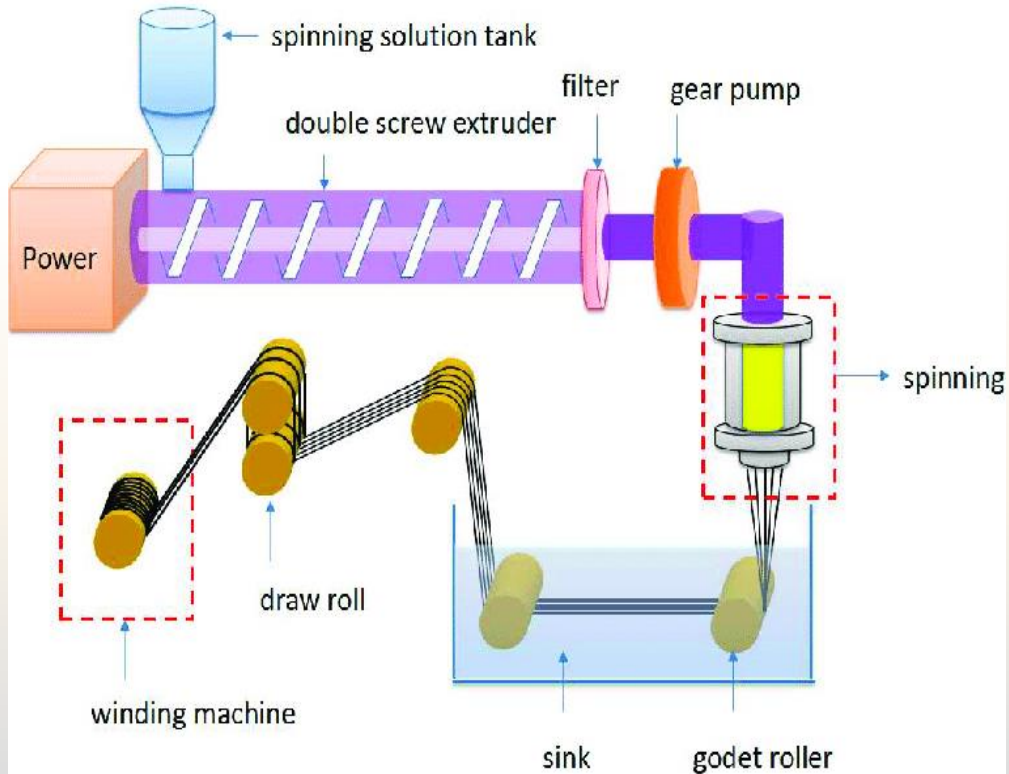
- دمای فرایند
- نحوه و سرعت چرخش قالب
- شرایط خنک کاری

فرایند ریسندگی



- مواد اولیه بصورت گرانول در یک اکسترودر و توسط چرخش ماردون در سیلندر و اعمال حرارت ذوب شده و با استفاده از یک پمپ دنده ای به جلو رانده شده و از یک دای که شامل سوراخ های بسیار ریز است عبور داده می شود.
- رشته های بسیار ظریف خارج شده کشیده شده و با هوا یا آب خنک می شوند.
- سپس با اعمال حرارت روی غلتک های خاص کشیده می شوند.
- در نهایت روی بوبین ها جمع شده و نخ تولید می شود.

پارامترهای فرایند ریسندگی

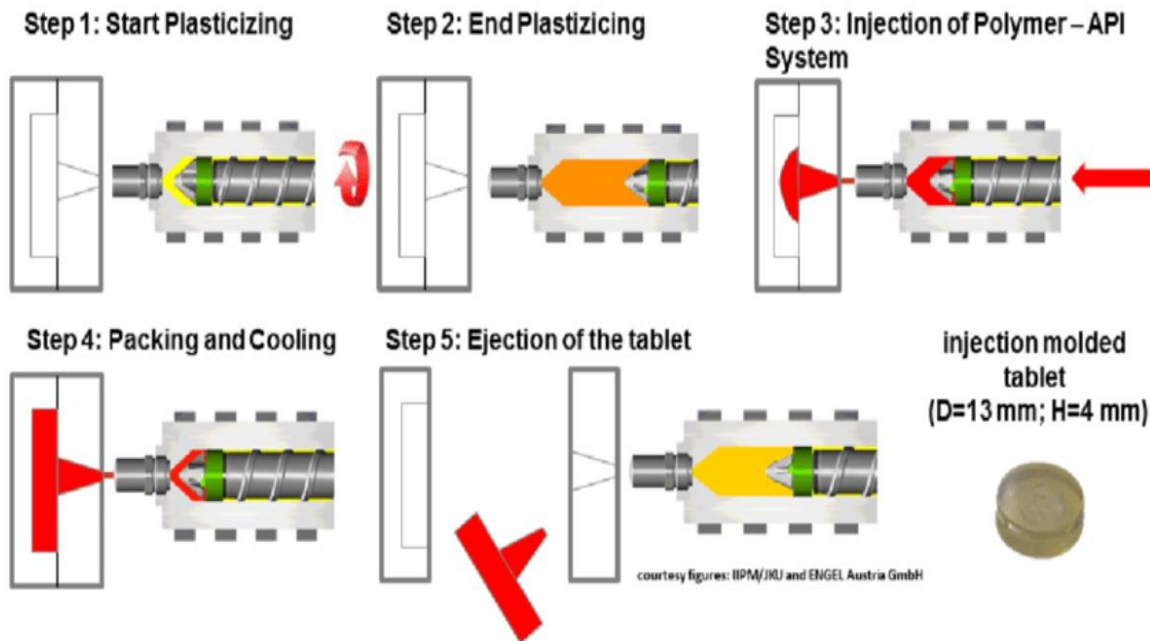


- دمای مذاب
- سرعت ریسندگی
- طراحی دای و ابعاد سوراخ های دای
- شرایط خنک کاری
- شرایط کشش ثانویه



ارتباط ریزساختار و فرایندپذیری در پلی الفین ها

فرایند تزریق



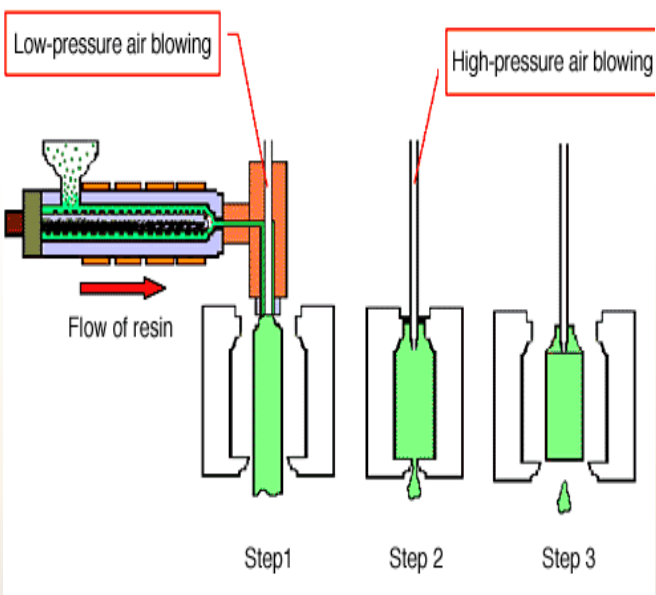
- هر چه MFI بالاتر باشد فرایند تزریق ساده تر است یعنی با فشار پایین تر تزریق انجام می شود.
- هر چه دانسیته بالاتر باشد فرایند تزریق با سرعت بیشتر انجام می شود چون سیکل خنک کاری سریع تر است.
- در فرایند تزریق FRR چندان فاکتور مهمی برای فرایندپذیری نیست.

مقایسه پلی الفین ها در فرایند تزریق



- بین PE و PP دومی گزینه بهتری برای فرایند تزریق است.
- PP نسبت به PE از گره خوردگی کمتر و در نتیجه جریان سهل تر مذاب برخوردار است.
- PP از توزیع وزن مولکولی باریکتر برخوردار است. در نتیجه خنک کاری اش یکنواخت تر است و نیز تنش های القا شده در آن سریع تر آزاد می شوند. پس قطعات تولید شده از آن مشکلات کمتری دارند.
- PP سرعت بلور شدن کندتری دارد و در اثر تغییرات دمای قالب و دمای مذاب می توان ابعاد بلورها را کنترل کرد. نرخ خنک کاری بیشتر منجر به سرعت تبلور بیشتر شده و در نتیجه ابعاد بلورها کوچکتر می شود. در نتیجه شفافیت و خواص ضربه بهبود می یابند.
- در بین انواع پلی اتیلن HDPE معمولاً برای تزریق استفاده می شود چرا که استحکام بالا دارد.
- گریدهای تزریق HDPE معمولاً MFI بالا دارند تا بتوانند راحت تر تزریق شوند.
- گریدهای تزریق HDPE باید از توزیع باریک وزن مولکولی برخوردار باشند تا بتوانند تنش ها را راحت تر آزاد کنند و قطعه تولید شده با آنها مشکلات کمتری داشته باشد.

فرایند قالبگیری دمشی

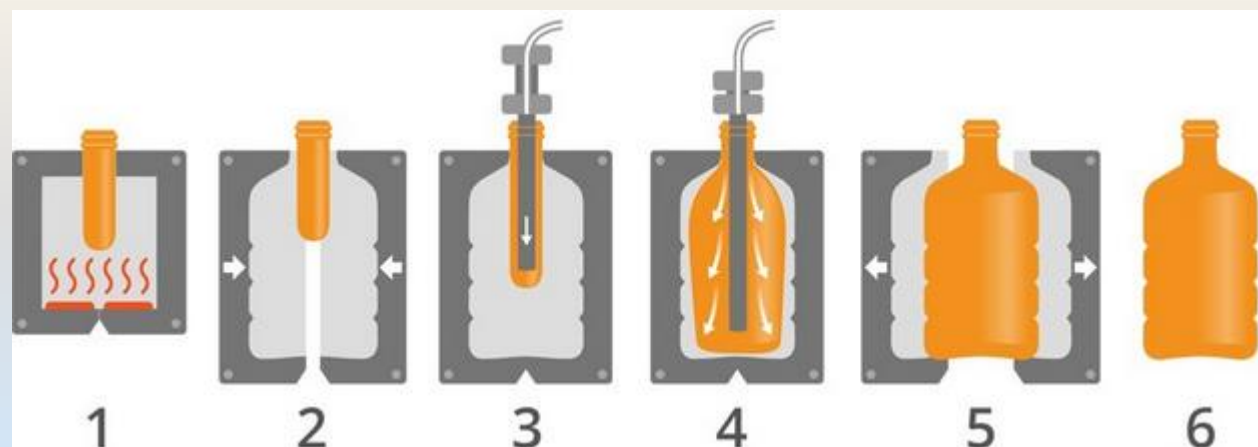


- هر چه MFI کمتر باشد روده تولید شده از قالب سفت تر بوده و تحت اثر وزنش کش نمی آید پس تغییر ضخامت نداریم.
- اما MFI کمتر موجب سخت شدن اکستروژن مواد می شود.
- اگر اجزای با وزن مولکولی بسیار بالا بیشتر باشند بهبود وضعیت فوق را بیشتر می کند. بعلاوه می توان MFI را کمی بیشتر کرده و از مزیت فرایندپذیری آن استفاده کرد.
- هر چه FRR بالاتر باشد فرایندپذیری بهتر است چرا که در اکسترودر فشار مذاب کمتر است.
- FRR بالاتر کمک می کند مذاب خروجی از قالب تنش های کمتری همراه داشته باشد. این به بهبود خواص قطعه کمک می کند.
- دانسیته روی فرایندپذیری اثری ندارد.

مقایسه پلی الفین ها در فرایند قالبگیری دمشی



- PE نسبت به PP گزینه بهتری برای فرایند قالبگیری دمشی است. دلیل آن توزیع وزن مولکولی پهن تر و نیز گره خوردگی های بیشتر در PE است. لذا روده از استحکام کافی برخوردار است و کمتر کش می آید.
- برای موادی مانند PP که مشکل استحکام پایین مذاب دارند فرایند Injection Blow Molding توسعه یافته است.
- در بین انواع پلی اتیلن ها HDPE گزینه بهتر و البته ماده متداولی برای قالبگیری دمشی است.
- سوال 6- LLDPE در فرایند قالبگیری دمشی چه مشکلاتی دارد؟



فرایند فیلم دمشی



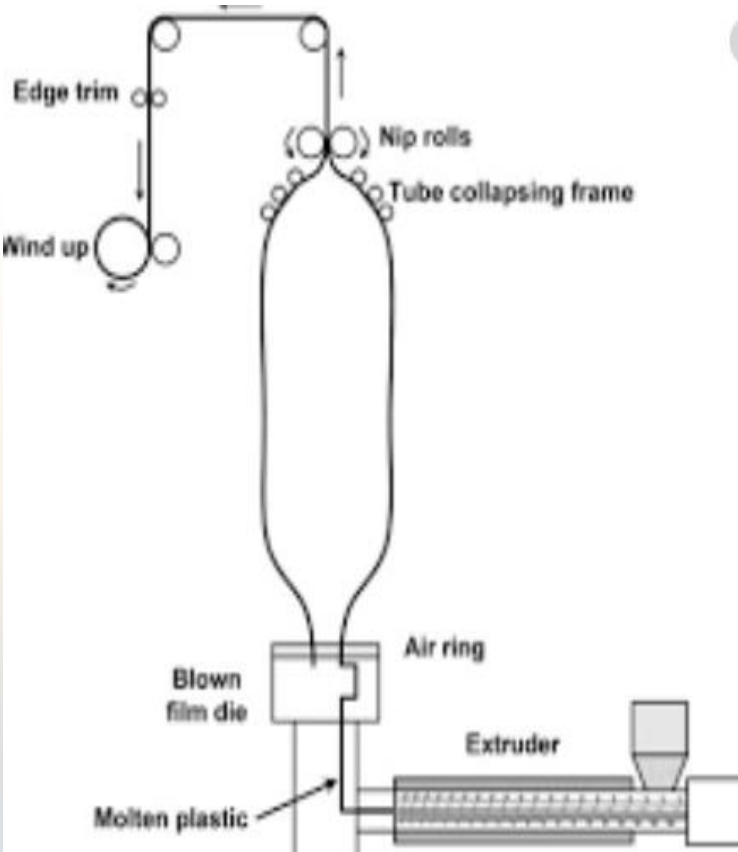
- هر چه MFI کمتر باشد حباب تولید شده از قالب سفت تر بوده و تحت اثر عوامل محیطی کش نیامده و در نتیجه تغییرات ناخواسته ضخامت به حداقل می رسد.

- اگر اجزای با وزن مولکولی بسیار بالا بیشتر باشند بهبود وضعیت فوق را بیشتر می کند. بعلاوه می توان MFI را کمی بیشتر کرده و از مزیت فرایندپذیری آن استفاده کرد.

- هر چه FRR بالاتر باشد فرایندپذیری بهتر است چرا که در اکسترودر فشار مذاب کمتر است.

- بعلاوه FRR بالاتر موجب می شود بتوان فیلم های نازک تری گرفت.

- دانسیته بالاتر می تواند تأثیر مثبت روی فرایندپذیری داشته باشد.



مقایسه پلی الفین ها در فرایند فیلم دمشی



- از بین PE و PP اولی گزینه بهتری برای فرایند دمشی رو به بالا و دومی برای فرایند دمشی روبه پایین است. PP بدلیل تعداد گره خوردگی کمتر و نیز توزیع باریکتر وزن مولکولی استحکام مذابش کمتر از PE است. پس فرایند روی به بالا برای آن ممکن نیست.

- در خانواده PE ها همگی قابلیت تولید فیلم دارند. با این حال ترتیب فرایندپذیری بصورت زیر است

- $LDPE > HDPE \approx MDPE > LLDPE$

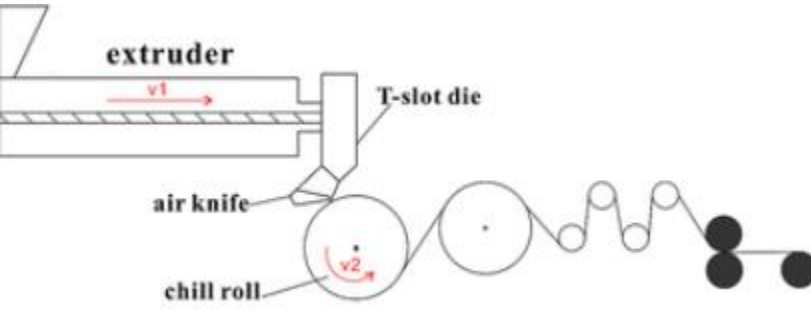
- شکل حباب در مورد انواع PE متفاوت است.

- گردن بلند در HDPE کمک می کند تنش های القا شده آزاد شوند.

- سوال 7- چرا LDPE بهترین فرایندپذیری در فرایند فیلم دمشی را دارد؟



فرایند فیلم ریخته گری



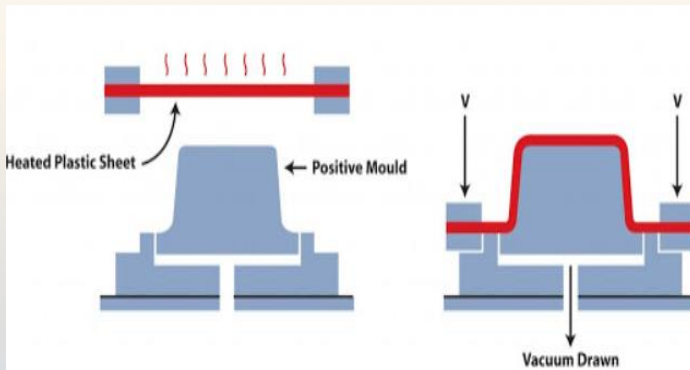
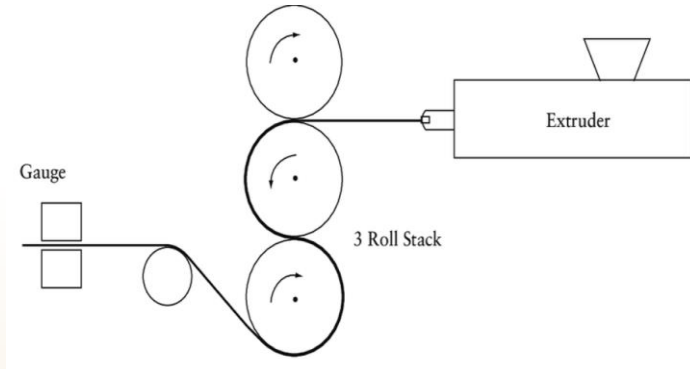
- MFI نباید کم باشد چرا که باعث می شود فشار مذاب بسیار بالا برود. ولی با این حال از یک مقدار مشخص هم نمی تواند بیشتر باشد. چون در غیر اینصورت صفحه مذاب تشکیل نمی شود و می ریزد.
- در بین انواع فرایندهای ریخته گری MFI گریدهای دو جهته آرایش یافته باید از بقیه کمتر باشد.
- FRR کمتر بهتر است چرا که در فرایند کشش مذاب عملکرد بهتری را موجب می شود.
- دانسیته چندان روی فرایندپذیری موثر نیست.

مقایسه پلی الفتی ها در فرایند فیلم ریخته گری



- PE و PP هر دو در فرایندهای فیلم ریخته گری استفاده می شوند.
- با این حال فیلم های ریخته گری PP کاربرد بیشتری دارند. دلیل آن شفافیت و سفتی بالای آنهاست.
- انواع مختلف PE در فرایند ریخته گری استفاده می شوند.
- فیلم های استرچ با LLDPE در فرایند ریخته گری تولید می شوند.
- از LDPE برای روکش کردن کاغذ یا آلومینیم یا سایر مواد در فرایند ریخته گری استفاده می شود.
- فیلم های ریخته گری HDPE معمولاً در فرایند لایه گذاری یا lamination استفاده می شوند. در این فرایند چندین فیلم از نوع پلیمری، کاغذی یا فلزی یا حتی پارچه روی هم قرار گرفته و چسبانده می شوند.

فرایند ورق/ترمو فورمینگ



- برای فرایند تولید ورق MFI باید نسبتا پایین باشد.
- در فرایند تولید ورق بیشتر باشد بهتر است چرا که موجب کاهش فشار مذاب در اکسترودر می شود.
- در فرایند ترمو فورمینگ MFI کمتر بهتر است چرا که با سفتی مذاب و شکل پذیری بهتر آن کمک می کند.
- در فرایند ترمو فورمینگ وجود اجزای با وزن مولکولی بسیار بالا ضمن کمک به سفتی مذاب الزام MFI پایین را کمتر می کند.
- در فرایند ورق دانسیته چندان موثر نیست ولی در ترمو فورمینگ دانسیته بالاتر بهتر است.

مقایسه پلی الفین ها در فرایند ورق/ترموفورمینگ



- PE و PP در فرایند تولید ورق هر دو استفاده می شوند. از نظر فرایندی مزیت خاصی به هم ندارند.
- در فرایند شکل دهی حرارتی عمدتاً PP استفاده می شود. PE معمولاً در فرایند ترموفورمینگ استفاده نمی شود.
- PP در فرایند ترموفورمینگ در حال توسعه است و در بسته بندی مواد غذایی در حال رقابت با HIPS و PET و حتی PVC می باشد.
- در بین گریدهای PP نوع کوپلیمر تصادفی در فرایند ترموفورمینگ بیشتر استفاده می شود. شفافیت و مقاومت ضربه مناسب دلیل آن است. البته اگر استحکام خاصیت اصلی باشد از هموپلیمر نیز می توان استفاده کرد.

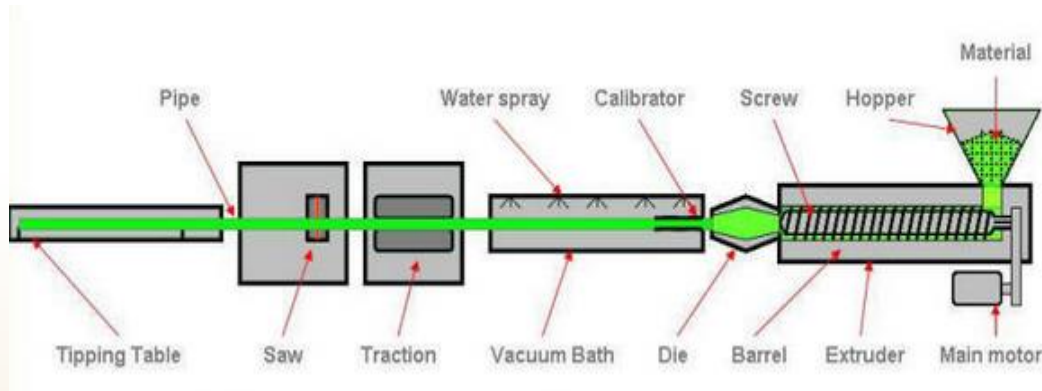
فرایند لوله



- در فرایند لوله MFI ها پایین یا خیلی پایین هستند.

- مقدار FRR هر چه بیشتر باشد بهتر است و موجب فشار مذاب کمتر می شود.

- دانسیته چندان روی فرایندپذیری موثر نیست.





مقایسه پلی الفین ها در فرایند لوله

- PE و PP هر دو در فرایند لوله استفاده می شوند.
- این موضوع شامل لوله های تحت فشار و نیز لوله های کاروگیت است.
- بدلیل گره خوردگی های بیشتر و نیز توزیع وزن مولکولی پهن تر حد بالای قطر لوله در PE بالاتر است.
- در خانواده PP انواع کوپلیمر بلوکی و تصادفی برای تولید لوله استفاده می شوند.
- خواص دراز مدت کوپلیمرهای تصادفی بهتر از بلوکی است.
- کوپلیمرهای بلوکی برای تولید لوله های کاروگیت استفاده می شوند.
- در خانواده PE از HDPE و LDPE برای تولید لوله استفاده می شود. اولی برای لوله های تحت فشار آب و گاز و دومی برای لوله های آبیاری قطره ای. البته LLDPE هم به دومی اضافه می شود برای بهبود خواص.

فرایند قالبگیری چرخشی

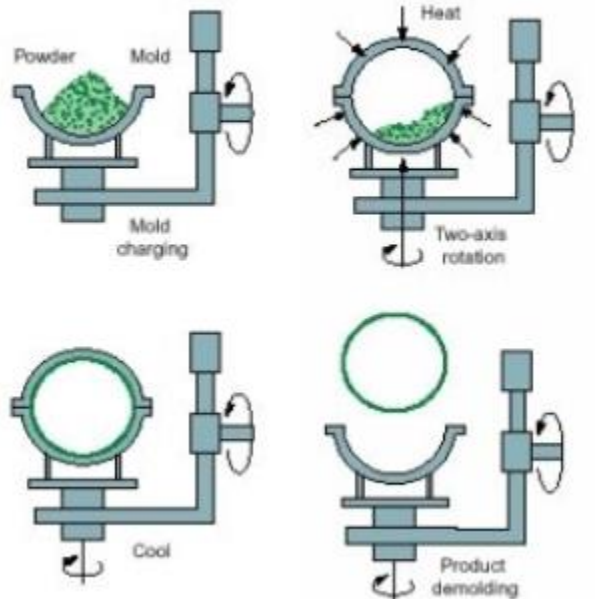


- در فرایند قالبگیری چرخشی MFI ها نه بالا و نه پایین هستند.

- مقدار FRR هر چه کمتر باشد بهتر است و موجب یکنواختی بهتر در ذوب و خنک کاری می شود.

- دانسیته چندان روی فرایندپذیری موثر نیست.

Rotational molding

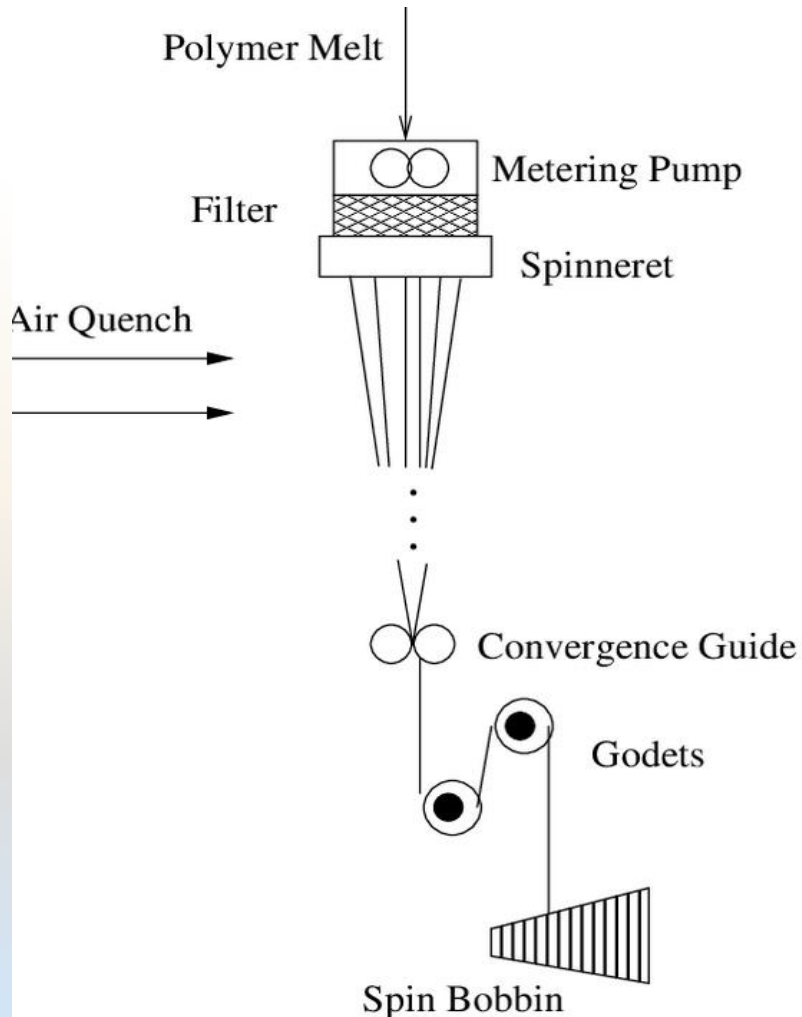


مقایسه پلی الفین ها در فرایند قالبگیری چرخشی



- از بین PE و PP اولی برای فرایند قالبگیری چرخشی استفاده می شود.
- در خانواده PE از MDPE برای تولید قطعات قالبگیری چرخشی استفاده می شود.
- سوال 8- چرا LDPE و LLDPE گزینه های مناسبی برای فرایند قالبگیری چرخشی نیستند؟

فرایند ریسندگی



- در فرایند ریسندگی مذاب MFI ها بسیار بالا هستند. هر چه MFI بالاتر باشد بهتر است.

- در فرایند ریسندگی مذاب هر چه FRR کمتر باشد بهتر است و به الیاف ظریفتری منجر می شود.

- دانسیته بر فرایندپذیری چندان موثر نیست.

مقایسه پلی الفین ها در فرایند ریسندگی



- PE و PP هر دو در فرایند ریسندگی مذاب استفاده می شوند.
- گستردگی PP در کاربرد الیاف بیشتر است چرا که بدلیل گره خوردگی کمتر و توزیع وزن مولکولی باریکتر فرایندپذیری بهتر داشته، امکان تولی الیاف ظرفیت تر در آن فراهم تر است و نیز اینکه استحکام الیاف تولید شده بیشتری دارد.
- در بین گونه های پلی اتیلن HDPE و در بین گونه های PP نوع هموپلیمر برای تولید الیاف مناسبند.



ارتباط ریزساختار و خواص در پلی الفین ها

شاخص جریان مذاب یا MFI



- شاخص جریان مذاب وزنه 2.16 یا 5 کیلوگرم با طول زنجیر یا وزن مولکولی پلیمر رابطه عکس دارد.
- FRR با توزیع وزن مولکولی رابطه مستقیم دارد.
- وجود اجزای با وزن مولکولی بسیار بالا و نیز وجود شاخه های جانبی بسیار بلند (در LDPE) با MFI قابل تشخیص نیست و باید از روش های دیگر مثل رئومتری یا GPC استفاده کرد.

دانسیته



- اگر درصد بلورینگی یکسان باشد هر چه MFI کمتر باشد دانسیته کمتر است.
- دانسیته با درصد بلورینگی ارتباط دارد. هر چه درصد بلورینگی بیشتر باشد دانسیته هم بیشتر است.

خواص کششی



- **مدول:** دانسیته یا درصد تبلور عامل اصلی کنترل کننده آن است.
- **مدول:** با افزایش دانسیته مدول افزایش می یابد.
- **تنش تسلیم:** دانسیته یا درصد تبلور و MFI عامل اصلی کنترل کننده آن هستند.
- **تنش تسلیم:** با افزایش دانسیته تنش تسلیم افزایش می یابد. با کاهش MFI تنش تسلیم افزایش می یابد.
- **کرنش تسلیم:** دانسیته یا درصد تبلور و MFI عامل اصلی کنترل کننده آن هستند.
- **کرنش تسلیم:** با افزایش دانسیته و کاهش MFI کرنش تسلیم کاهش می یابد.
- **تنش پارگی:** عمدتاً تحت تأثیر MFI و FRR است.
- **تنش پارگی:** با کاهش MFI و افزایش FRR افزایش می یابد.
- **کرنش پارگی:** عمدتاً تحت تأثیر MFI و FRR است.
- **کرنش پارگی:** با کاهش MFI و افزایش FRR کاهش می یابد.

مقاومت ضربه پلی اتیلن



- در پلی اتیلن مقاومت ضربه تحت تأثیر MFI، FRR و دانسیته است.
- مهم ترین عامل MFI است و با کاهش آن مقاومت ضربه افزایش می یابد.
- پس از MFI، FRR عامل مهم بعدی است و با کاهش FRR مقاومت ضربه افزایش می یابد.
- در نهایت دانسیته است که با کاهش آن مقاومت ضربه افزایش می یابد.

مقاومت ضربه پلی پروپیلن هموپلیمر



- اصلی ترین فاکتور موثر بر مقاومت ضربه MFI است و با کاهش MFI مقاومت ضربه افزایش می یابد.
- درصد نظم فضایی (مقدار ایزوتیکتیک) عامل مهم بعدی است و با افزایش آن مقاومت ضربه کاهش می یابد.
- FRR چندان بر مقاومت ضربه موثر نیست.
- ابعاد بلورها بر مقاومت ضربه موثر است و با کاهش آن مقاومت ضربه کاهش می یابد. برای کنترل آن از عوامل هسته زا استفاده می شود.
- مقاومت ضربه در دمای صفر و منفی مستقل از ساختار است.

مقاومت ضربه پلی پروپیلن کوپلیمر تصادفی



- مقاومت ضربه در وهله اول تحت تأثیر MFI است و با کاهش آن مقاومت ضربه افزایش می یابد.
- مقدار کومنومر عامل مهم بعدی است و با افزایش آن مقاومت ضربه افزایش می یابد.
- ابعاد بلورها کمتر باشد مقاومت ضربه بهتر می شود. این کار با استفاده از عامل هسته زا انجام می شود.
- مقاومت ضربه در دمای منفی مستقل از ساختار است.

مقاومت ضربه پلی پروپیلن کوپلیمر بلوکی



- مقاومت ضربه در وهله اول تحت تأثیر MFI است و با کاهش آن مقاومت ضربه افزایش می یابد.
- مقدار کومنومر عامل مهم بعدی است و با افزایش آن مقاومت ضربه افزایش می یابد.
- ابعاد بلورها کمتر باشد مقاومت ضربه بهتر می شود. این کار با استفاده از عامل هسته زا انجام می شود.
- مقاومت ضربه در دمای منفی با افزایش مقدار کومنومر بهتر می شود.

دمای اعوجاج حرارتی/نقطه نرمی وایکت



- دانسیته یا درصد بلورینگی عامل اصلی کنترل کننده آن است و با افزایش آنها این دما افزایش می یابد.

خواص نوری



- شفافیت تحت تأثیر دانسیته است و با کاهش دانسیته ماده شفاف تر می شود.
- شفافیت تحت تأثیر ابعاد بلورها است و با کاهش آن بهبود می یابد.
- شفافیت تحت تأثیر MFI است و با افزایش آن بهبود می یابد.
- شفافیت با افزایش FRR بهبود می یابد.

خواص نوری



- ماتی با افزایش دانسیته بیشتر می شود.
- ماتی با کاهش MFI افزایش می یابد.
- ماتی با افزایش ابعاد بلورها افزایش می یابد.
- ماتی با افزایش FRR کاهش می یابد.

خواص دراز مدت



- خواص دراز مدت با کاهش MFI بهبود می یابد.
- خواص دراز مدت با افزایش FRR بهبود می یابد.
- خواص دراز مدت با کاهش دانسیته بهبود می یابد.
- خواص دراز مدت با افزایش مقدار اجزای با وزن مولکولی بسیار بالا بهبود می یابد.
- در بین پلی اتیلن ها LLDPE بهترین خواص دراز مدت را دارد و پس از آن LDPE و بعد از آن HDPE است.
- در بین انواع PP، گریدهای تصادفی خواص دراز مدت بهتری دارند و بعد از آن گریدهای بلوکی و هموپلیمر تقریباً مشابه هستند.

سوالات پروژه



- سوال 9- در یک قطعه تزریقی از جنس HDPE مشکل تغییر شکل قطعه پس از خروج از قالب رخ داده است. چه راهکارهایی برای رفع این مشکل پیشنهاد می کنید؟ شرایط فرایندی و مواد
- سوال 10- یک شرکت تولیدی بشکه های پلاستیکی در فصل تابستان با مشکل شکم دادن بشکه ها حین چینش آنها در انبار مواجه شده است. جنس بشکه ها HDPE است. برای رفع مشکل چه مواردی را پیشنهاد می کنید؟ این پیشنهادات چه اثری بر مقاومت ضربه بشکه دارند؟



افزودنی های متداول در پلی الفین ها

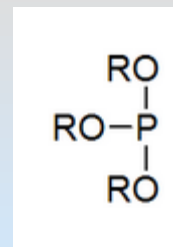
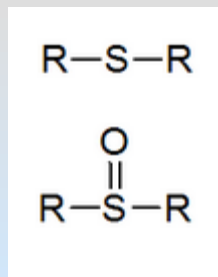
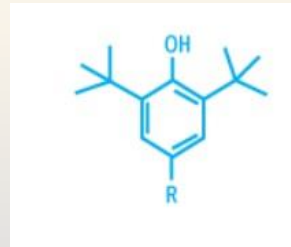
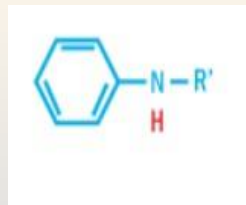
دلایل پایداری حرارتی پلیمرها



- جلوگیری از تخریب حرارتی یا اکسیداسیونی حرارتی حین شکل دهی مذاب پلیمرها
- فراهم نمودن طول عمر کافی پس از شکل دهی به محصول نهایی
- اطمینان از عدم بروز تخریب طی چند مرحله اکستروژن

انواع پایدارکننده های حرارتی

- پایدارکننده ها شامل دو دسته کلی هستند:
- اولیه یا اصلی: نقش آنها پایدارسازی محصولات شکل یافته نهایی در مقابل تخریب در زمان طولانی می باشد.
- ثانویه: کارکرد آنها محافظت از تخریب حرارتی پلیمر حین یک یا چند بار شکل دهی از مذاب می باشد.
- ترکیب اولیه و ثانویه: به منظور تأمین همزمان پایداری محصولات نهایی و شکل دهی از مذاب بکار می رود.
- ساختار پایدارکننده های حرارتی
- نوع اولیه ساختاری فنولی یا آمینی دارد.



- نوع ثانویه ساختاری فسفیتی یا تئواستری دارد.



نکات استفاده از آنتی اکسیدانت ها

- غلظت آنتی اکسیدانت به نوع پلیمر و دمای شکل دهی و/یا کاربرد محصول نهایی وابسته است.
- عملکرد آنتی اکسیدانت تابع واکنش پذیری و افت غلظت آن می باشد.
- تبخیر، مهاجرت و مصرف حین فرایند شکل دهی مهم ترین منابع افت غلظت هستند.
- Irganox 1010 معروف ترین آنتی اکسیدانت اولیه که در دماهای بالا و پایین عملکرد دارد.
- آمین ممانعت شده در دمای بالای 150 درجه عملکرد ندارد و بیشتر بعنوان آنتی UV شناخته می شود.
- آنتی اکسیدانت های فسفیتی در دمای بالا عملکرد دارند و در ترکیب با انواع اولیه موجب استفاده از مقدار کمتر آنها می شوند.
- رنگ دادن به پلیمر در آنتی اکسیدانت های فنلی خیلی کمتر از آمینی است. این موضوع وقتی ترکیب آنها با انواع فسفیتی مطرح است بسیار کمتر رخ می دهد.

روش های آنالیز عملکرد آنتی اکسیدانت



- زمان القاء اکسیداسیونی (OIT)
- پلیمر در دستگاه DSC تحت گاز N2 تا دمای بالای Tm حرارت داده شده و سپس اتمسفر به O2 تغییر می کند. مدت زمان تا شروع تخریب حرارتی/اکسیداسیونی گزارش می شود (ASTM D3895)
- زمانمند نمودن طولانی
- در این روش نمونه در دماهای مختلف کمتر از Tm در آون قرار داده شده و با اندازه گیری خواص فیزیکی زمان تخریب در دمای مورد نظر با مدل آرنیوسی پیش بینی می شود.
- اکستروژن چندباره
- پلیمر چندین بار (بین 5 تا 10 بار) اکستروود شده و سپس ریزساختار یا خواص مورد بررسی قرار گرفته می شود.

$$k = Ae^{-E_a/(RT)}$$

ارتباط ریزساختار پلیمر و فرایند شکل دهی با شدت پایدارسازی



- بطور کلی PP پایداری حرارتی کمتری در مقایسه با PE دارد.
- در بین انواع PE ها پایداری حرارتی بصورت $LDPE > LLDPE / HDPE$ می باشد.
- هر چه وزن مولکولی افزایش یابد (MFI کاهش یابد) حساسیت به تخریب افزایش می یابد.
- باریکتر بودن توزیع وزن مولکولی (کمتر بودن FRR) حساسیت به تخریب را بالا می برد.
- شدت نیاز به پایداری حرارتی بسته به دما، زمان اقامت و سطح تنش اعمالی مواد در فرایند شکل دهی متفاوت است.
- فرایندهای تزریق و تولید الیاف کمترین سطح از پایداری حرارتی را نیاز دارد.
- در بین فرایندهای اکستروژنی ترتیب زیر را می توان در نظر گرفت: فیلم <لوله> قالبگیری چرخشی <قالبگیری دمشی
- البته لازم است علاوه بر آن به طول عمر محصول نهایی و نیز دمای کاربرد توجه شود.

دلایل استفاده از عوامل لیز کننده



- در محصولات به شکل انواع فیلم برای عبور راحت تر از دستگاه های تبدیلی نیاز به ضریب اصطکاک سطح پایین است.
- در محصولات قالبگیری تزریقی یا قالبگیری دمشی برای جداسازی ساده تر قطعه از قالب می توان از عوامل لیزکننده استفاده کرد.

ارتباط ریزساختار پلیمر و لیزی سطح

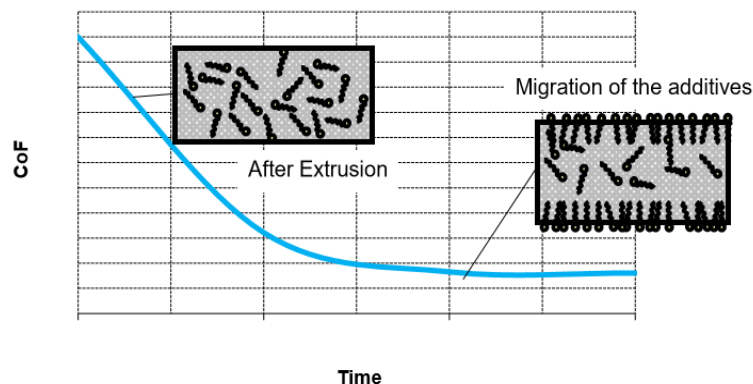


- با کاهش وزن مولکولی لیزی سطح کاهش می یابد.
- با کاهش درصد تبلور لیزی سطح کاهش می یابد.
- با افزایش قطبیت پلیمر لیزی سطح افزایش می یابد.

انواع عوامل لیز کننده



Evolution of CoF* with time

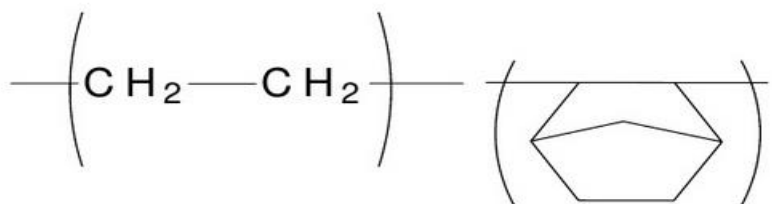


• عوامل لیز کننده مهاجرت کننده به سطح

- این دسته شامل آمیدهای نوع اول یا دوم هستند که از نظر وزن مولکولی متفاوت هستند.
- آمیدهای نوع اول شامل دو دسته هستند:
 - اولئامید: ترکیبی با وزن مولکولی کمتر (دنباله هیدروکربنی حاوی 18 کربن) و سرعت مهاجرت به سطح آن سریع.
 - اروکامید: ترکیبی با وزن مولکولی بالاتر (دنباله هیدروکربنی حاوی 22 کربن) و سرعت مهاجرت آهسته.

• عوامل لیز کننده غیر مهاجر

- این عوامل شامل مولکول هایی هستند که وزن مولکولی 30 تا 50 برابر آمیدهای نوع اول یا دوم دارند و در نتیجه به خودی خود به سطح مهاجرت نمی کنند و پس از مهاجرت نیز سطح را ترک نمی کنند.
- ترکیبات سیلیکونی و نیز کوپلیمرهای حلقوی الفینی (COC) از جمله این مواد محسوب می شوند.



کاربرد انواع عوامل لیز کننده



- اولنامید
 - مهاجرت سریع و مناسب برای فرایندهای تبدیلی بلافاصله پس از تولید فیلم (In-Line Bag Converting Operation).
 - پایداری حرارتی پایین (تا 260 درجه) و احتمال بروز تخریب
 - تبخیر بیشتر حین فرایند و نیاز به مقدار بیشتر برای جبران
 - تأثیر منفی بر چاپ پذیری و دوخت پذیری
- اروکامید
 - مهاجرت آهسته و مناسب برای فرایندهایی که رول فیلم قبل از فرایندهای تبدیلی خواب دارد.
 - پایداری حرارتی مناسب (تا حدود 300 درجه) و احتمال کمتر بروز تخریب
 - تبخیر کمتر حین فرایند
 - عدم تأثیر منفی بر چاپ و دوخت پذیری
 - نقش عامل ضد چسبندگی آلی نیز می تواند داشته باشد.
- انواع غیر مهاجر
 - در فیلم های چند لایه مناسب هستند
 - ثابت بودن ضریب اصطکاک با زمان
 - قابل استفاده برای فرایندهای با دمای بالا
 - عدم تأثیر منفی بر فرایندهای تکمیلی
 - عدم نیاز به زمانندی جهت رسیدن به مقدار بهینه لیزی

عوامل موثر بر نرخ مهاجرت عوامل لیز کننده



- وزن مولکولی عامل لیز کننده: وزن مولکولی بالاتر سرعت مهاجرت کمتر
- درصد تبلور پلیمر میزبان: درصد تبلور بالاتر نرخ مهاجرت کمتر
- میزان قطبیت پلیمر میزبان: قطبیت بیشتر نرخ مهاجرت کمتر
- وجود سایر افزودنی ها: افزودنی های قطبی نرخ مهاجرت کمتر
- آرایش یافتگی فیلم: افزایش نرخ مهاجرت
- مقدار استفاده بیشتر در ضخامت های بیشتر فیلم یا مواد آمورف تر

روش های آزمون



• اندازه گیری ضریب اصطکاک سطح مطابق استاندارد ASTM D1894

• برای ضریب اصطکاک معمولاً سه سطح مختلف معرفی می شود.

<u>Definition</u>	<u>Coefficient of Friction</u>	<u>PPM Slip Content*</u>
Low Slip	0.50 - 0.80	200 - 400
Medium Slip	0.20 - 0.40	500 - 600
High Slip	0.05 - 0.20	700 - 1000

دلایل استفاده از عوامل ضد چسبندگی سطح



- فیلم های دو لای PE یا PP پس از تولید ممکن است بهم چسبیده و باز کردن آنها به سختی صورت گیرد.
- کاهش درصد تبلور و وجود الیگومرها می تواند منجر به تشدید این مشکل شود.
- با کاهش ضخامت فیلم بهم چسبیدن لایه ها تشدید می شود.

انواع عوامل ضد چسبندگی سطح



- معدنی/غیر مهاجر
 - سیلیکای طبیعی
 - تالک
 - سیلیکای مصنوعی
 - کربنات کلسیم
 - سرامیک کروی
 - کائولن/خاک رس
 - میکا
- آلی/مهاجر
 - بیس-آمید
 - آمیدهای اولیه و ثانویه
 - استئارات های آلی و فلزی
 - سایر

نکات در انتخاب انواع معدنی عامل ضد چسبندگی سطوح



Type	Median Particle Size (μ)	Particle Shape
Natural Silica	4-8	Angular, irregular
Talc	2-5	Platy
Synthetic Silica	4-5	Irregular sphere
Calcium Carbonate	2-3	Spherical
Ceramic Spheres	4-7	Spherical
Kaolin/Clay	2-4	Platy, hexagonal
Mica	>10	Platy

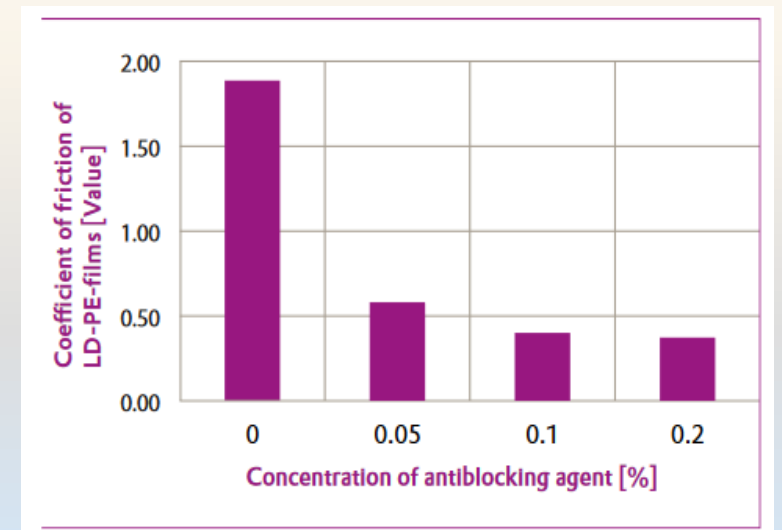
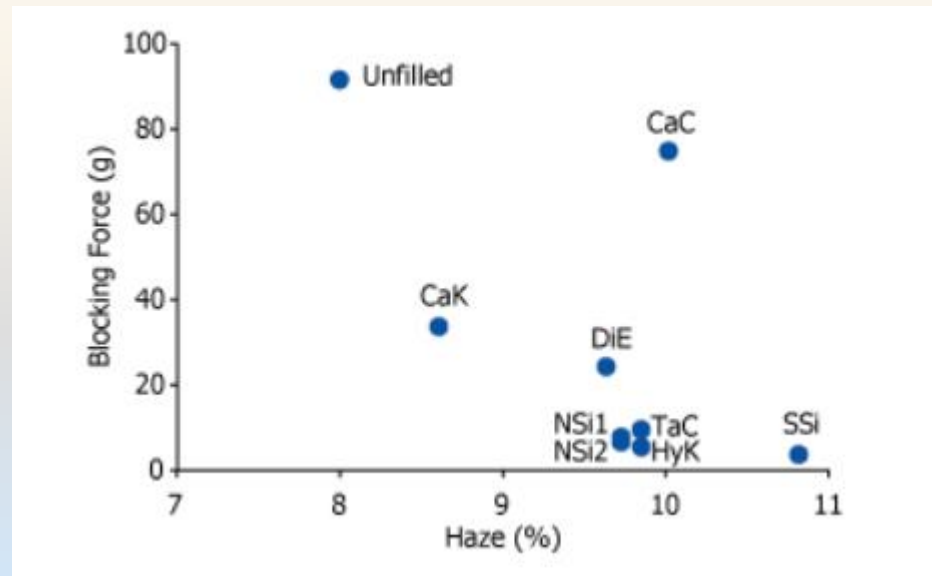
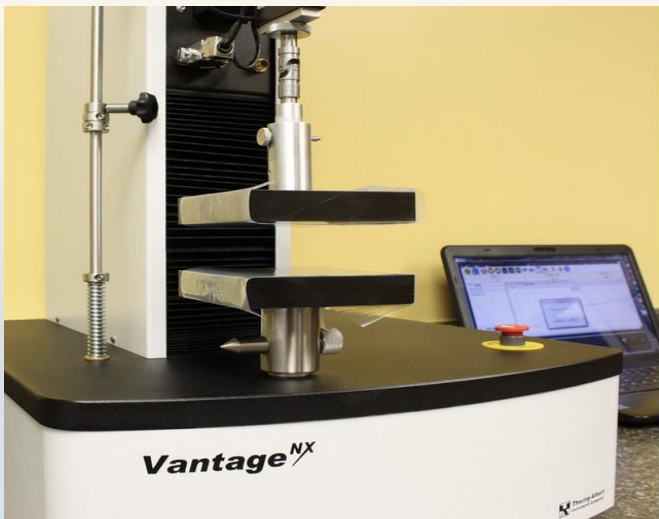
Property	SiO ₂	Talc	CaCO ₃
SiO ₂ (%)	93	60-63	<1
MgO (%)	<1	31	<1
Fe ₂ O ₃ (%)	1-3	<1	<1
Acid Resistance	Good	Good	Poor
Alkali Resistance	Good	Good	Fair
pH	10	9	9.5
Mohs Hardness	7-8	1	3
Refractive Index	1.48	1.59	1.60
Specific Gravity	2.3	2.8	2.7

- اندازه ذرات: ضخامت فیلم محدود کننده آن، توجه به Topcut
- شکل ذرات: هر چه بی نظم تر عملکرد موثرتر
- مقدار آهن: هر چه کمتر تأثیر تخریبی آن روی پلی اتیلن و افزودنی های لیزکننده و آنتی استاتیک
- ضریب شکست (RI): هر چه به ضریب شکست پلیمر نزدیک تر موجب ماتی کمتر
- سختی: هر چه کمتر موجب سایش کمتر تجهیزات تولید مستربچ و نیز شکل دهی
- دانسیته: هر چه بیشتر باشد احتمال بروز نوسانات وزن فیلم در بخش های مختلف بیشتر

روش آزمون



- اندازه گیری نیروی لازم برای جدا کردن دو لای فیلم مطابق ASTM D3358
- اهمیت در نظر گرفتن تأثیر عامل ضد چسبندگی بر سایر خواص مانند ماتی و ضریب اصطکاک سطح

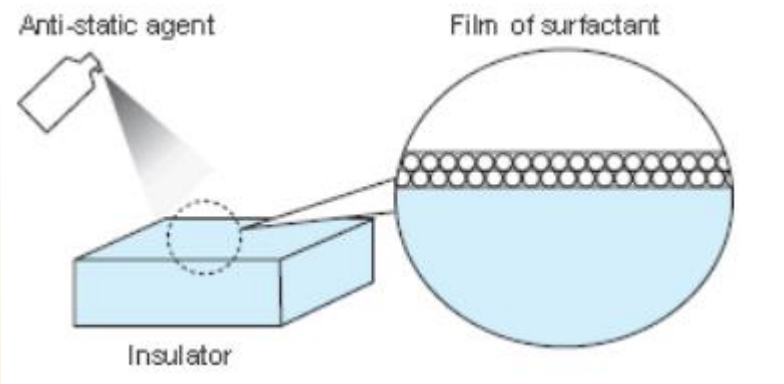


دلایل استفاده از عوامل ضد الکتریسیته ساکن



- جلوگیری از جذب گرد و غبار روی سطح محصولات پلاستیکی حین انبارداری
- ممانعت از جرقه زدن حین کار و استفاده از محصولات پلاستیکی

انواع عوامل ضد الکتریسیته ساکن

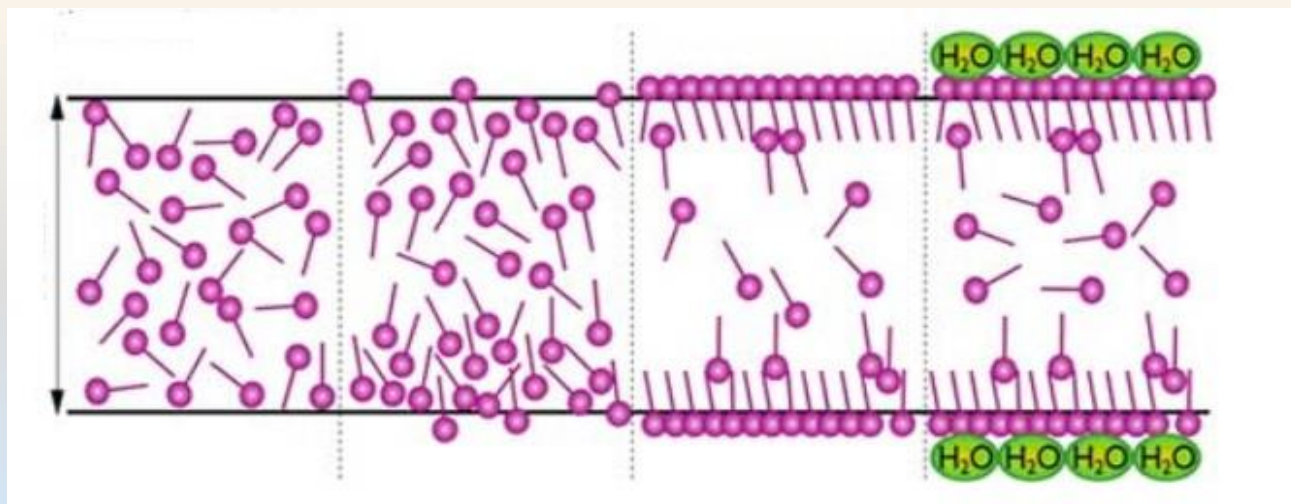


- عوامل ضد الکتریسیته ساکن به دو دسته کلی تقسیم می شوند:
 - عوامل غیر مهاجر: پلیمرهای هادی، فلزات، دوده و ترکیباتی که روی سطح پلیمر اعمال می شوند.
 - عوامل مهاجر: به توده پلیمر افزوده شده و روی سطح مهاجرت می کنند.
- عوامل مهاجر خود به دو دسته اصلی تقسیم می شوند:
 - عوامل مهاجر یونی: شامل آنیونی و کاتیونی
 - عوامل مهاجر غیر یونی
- مهم ترین عوامل مهاجر برای پلی اتیلن و پلی پروپیلن:
 - گلیسیرول منو استئارات (GMS)
 - آمینهای اسیدهای چرب اتوکسیله شده
 - دی اتانل آمیدها

مکانیزم عوامل مهاجر ضد الکتریسیته ساکن



- مهاجرت از توده پلیمر به روی سطح
- تشکیل یک لایه روی سطح و جذب رطوبت موجود در هوا
- ایجاد یک لایه نازک از آب روی سطح
- حفظ لایه با تشکیل پیوندهای هیدروژنی
- افزودنی باقی مانده در توده پلیمر نقش منبع تأمین در صورت پاک شدن از سطح را بازی می کند.



انتخاب عوامل ضد الکتریسیته ساکن



- رزین پایه:
 - انواع یونی برای پلیمرها قطبی مانند PVC مناسبند.
 - استفاده از پلیمرهای قطبی مانند EVA یا EMA موجب کاهش نرخ مهاجرت عوامل ضد الکتریسیته ساکن می شود.
 - بلورینگی رزین نرخ مهاجرت عامل ضد الکتریسیته ساکن را کندتر می کند.
 - در HDPE ترتیب عملکرد عوامل ضد جرقه: انواع آمینی < انواع آمیدی < GSM
 - در LDPE و LLDPE نوع آمیدی عملکرد بهتری دارد.
- محدودیت های FDA
 - GSM فاقد محدودیت از نظر کاربرد بهداشتی و غذایی
 - ترکیبات آمینی محدودیت FDA دارد.
- فرمولاسیون افزودنی ها
 - حضور افزودنی های قطبی: رقابت برای اشغال سطح پلیمر
 - حضور افزودنی های با احتمال واکنش شیمیایی: ترکیبات ضد شعله هالوژنی و عوامل فوم کننده اسیدی
- مقدار رطوبت
 - ترکیبات آمیدی در مقدار رطوبت کم عملکرد مناسب خود را حفظ می کنند.
 - ترکیبات آمینی در مقدار رطوبت 50 درصد مناسبند.
 - ترکیبات GSM بدلیل عملکرد ضعیف نیاز به درصد رطوبت بالایی برای نشان دادن عملکرد خود دارند.

دلایل استفاده از عوامل ضد مه



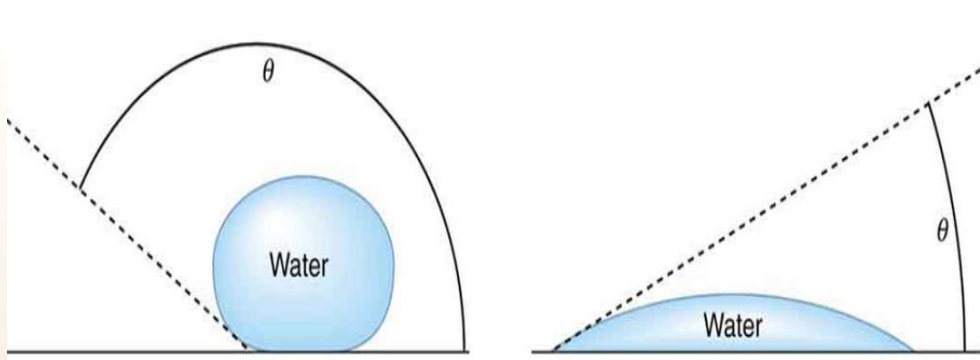
- وجود اختلاف دما در دو سوی یک سطح و اختلاف کشش سطحی آب با کشش سطحی رویه موجب تشکیل قطرات ریز آب روی آن شده که به آن مه گرفتگی یا عرق کردن می گویند.
- در کاربرد بسته بندی مواد غذایی این پدیده موجب رویت نامناسب محتوای بسته بندی می شود.
- در کاربرد فیلم گلخانه ای مه گرفتگی موجب کاهش عبور نور، اثر ذره بینی و فساد محصولات می شود.

انواع عوامل ضد مه



• بطور کلی عوامل ضد مه دو دسته هستند:

- انواع مهاجر: بصورت مسترینج به پلیمر اضافه شده و به سطح مهاجرت می کنند.
- مولکول های این دسته شامل یک بخش قطبی و یک بخش غیر قطبی است.
- آلکیل آمین اتوکسیله، استرهای سوربیتن، استرهای پلی گلیسرول، استرهای سوربیتن گلیسرول از جمله این مواد هستند.
- ناسازگاری آنها موجب مهاجرت به سطح شده و کشش سطحی را کاهش می دهند.
- انواع غیر مهاجر (پوششی): طی فرایندهای مشخص روی سطح اعمال می شوند.



کنترل سرعت مهاجرت عوامل ضد مه



- طول دنباله هیدروکربنی
- غلظت عامل ضد مه
- ضخامت فیلم
- مشابهت ترکیب شیمیایی عامل ضد مه و ماده سازنده فیلم
- بلورینگی فیلم
- حلالیت افزودنی در پلیمر

معیارهای انتخاب عوامل ضد مه

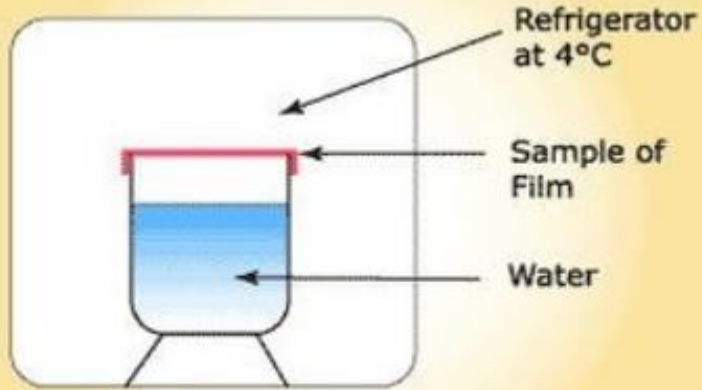


- نوع پلیمر
- ضخامت فیلم
- شرایط فرایند شکل دهی
- دمای استفاده از فیلم یا ورق
- سایر فرایندهای پایین دست موثر بر عملکرد عامل ضد مه
- محدودیت های تماس با مواد غذایی

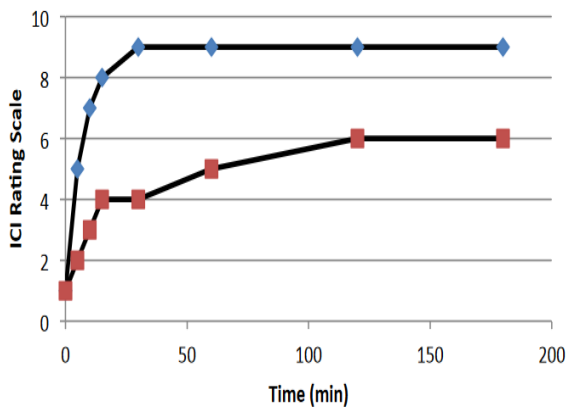
روش آزمون عملکرد انتخاب عوامل ضد مه



- اندازه گیری کشش سطحی قطره آب روی سطح فیلم حاوی عامل ضد مه
- یکی از روش ها آزمون مه سرد است.
- درجه بندی فیلم پس از تست
 - 1: فیلم کاملا مات
 - 8: فیلم حاوی 4 قطره
 - 9: فیلم حاوی 2 قطره
 - 10: فیلم کاملا شفاف
- برای عملکرد مناسب مناسب درجه بندی 8 به بالا نیاز است.



Cold fog testing, 35°F, 0.5 – 1.0 mil films



Description	Performance	Rating	Comments
An opaque layer of small fog droplets	Very poor	A = 1	Zero visibility, poor light transmission
An opaque or transparent layer of large droplets	Poor	B = 3	Zero visibility, poor light transmission
A complete layer of large transparent drops	Poor	C = 5	Poor visibility, lens effect, dripping
Randomly scattered or large transparent drops	Good (a)	D = 7	Discontinuous film of water
A transparent film displaying no visible water	Excellent	E = 9	Completely transparent



بررسی نمونه‌های گریدها از روی برگه مشخصات فنی

HD-I4

License Grade Code HD 7255(THE)

Product Description:

"I4" is a high density polyethylene with 1-Butene as co monomer. It is high rigidity, good toughness, low warpage, high impact strength.

Applications:

- Injection moulding
- Engineering Leisure & sport equipment

گریدهای تزریق HDPE

HD-I3 S

License Grade Code HC 7260(Z501)

Product Description:

"I3 S" is a high density polyethylene with 1-Butene as co monomer. It is rigid, low warpage, good flowability, high density, hardness and stiffness, good impact strength good stress cracking resistance.

Applications:

- Injection moulding
- Crates
- Engineering parts
- Closures

PROPERTY	TEST METHOD	UNIT	TYPICAL VALUE*
Mass density (23 C)	ISO 1183	g/cm3	0.954
Melt Flow Rate (190 C/2.16kg)	ISO 1133	g/10min	4
Melt Flow Rate (190 C/5.0kg)	ISO 1133	g/10min	11
FRR(5/2.16)	-	-	2.8
Impact strength (23 C)	ISO 179/1eA	mj/mm2	3
Stress at Yield	ISO 527	Mpa	26
Flexural Creep Modulus (4point,1min)	DIN 19537-2	Mpa	1300
Tensile Modulus (23 C,v=1mm/min,secant)	ISO 527	Mpa	1100
Stress at Break	ISO 527	Mpa	30
Elongation at Break	ISO 527	%	>1000
Elongation at Yield	ISO 527	%	10
Softening Temperature	ISO 306	C	70
Brittle Temperature	ASTM D746-72	C	<-80
shore D hardness	ISO 868		62
ESCR in full notch creep test (80 C,2%Arcopal)	ISO CD 16770	h@2.5 Mpa	3
volatiles	ASTM D1023-94	%WT	≤0.3
contamination	-	RATING	≤2

PROPERTY	TEST METHOD	UNIT	TYPICAL VALUE*
Mass density (23 C)	ISO 1183	g/cm3	0.960
Melt Flow Rate (190 C/2.16kg)	ISO 1133	g/10min	8
Melt Flow Rate (190 C/5.0kg)	ISO 1133	g/10min	23
FRR(21.6/5)	-	-	3.1
Impact strength (23 C)	ISO 179/1eA	mj/mm2	2.5
Stress at Yield	ISO 527	Mpa	30
Flexural Creep Modulus (4point,1min)	DIN 19537-2	Mpa	1550
Tensile Modulus (23 C,v=1mm/min,secant)	ISO 527	Mpa	1350
Stress at Break	ISO 527	Mpa	30
Elongation at Break	ISO 527	%	>1000
Elongation at Yield	ISO 527	%	10
Softening Temperature	ISO 306	C	72
Brittle Temperature	ASTM D746-72	C	<-80
shore D hardness	ISO 868		64
ESCR in full notch creep test (80 C,2%Arcopal)	ISO CD 16770	h@2.5 Mpa	1.5
volatiles	ASTM D1023-94	%WT	≤0.3
contamination	-	RATING	≤2

HD-BL 3 License Grade Code HF 4760(THT)

Product Description:

"BL3" is a high density polyethylene with 1-Butene as co monomer. It is high density and stiffness, good ESCR, high rigidity, good flowability and impact strength.

Applications:

- Small blow moulding
- Bottles
- Containers (up to 5 lit)
- Packaging of pharmaceuticals & surfactants

گريدهای قالبگیری دمشی HDPE

HD-BL 4M License Grade Code HM 8355(THT)

Product Description:

"BL 4M" is a high density polyethylene with 1-Butene as co monomer.

It is high molar mass,easily processable, high stiffness and strength, good ESCR, very good molding surface finish.

Applications:

- Jerry can
- General- purpose grade for large containers

PROPERTY	TEST METHOD	UNIT	TYPICAL VALUE*
Mass density (23 C)	ISO 1183	g/cm3	0.954
Melt Flow Rate (190 C/5.06kg)	ISO 1133	g/10min	1.2
Melt Flow Rate (190 C/21.16kg)	ISO 1133	g/10min	23
FRR(21.6/5)		-	19
Impact strength (23 C)	ISO 179/1eA	mj/mm2	10
Swell ratio	MPC-Test	%	120
Flextural Creep Modulus (4point,1min)	DIN 19537-2	Mpa	1300
Tensile Modulus (23 C,v=1mm/min,secant)	ISO 527	Mpa	1250
Stress at Break	ISO 527	Mpa	32
Elongation at Break	ISO 527	%	>600
Elongation at Yield	ISO 527	%	10
Softening Temperature	ISO 306	C	77
Brittle Temperature	ASTM D746-72	C	<-80
shore D hardness	ISO 868		62
ESCR in full notch creep test (80 C,2%Arcopal)	ISO CD 16770	h@3.5 Mpa	5

PROPERTY	TEST METHOD	UNIT	TYPICAL VALUE*
Mass density (23 C)	ISO 1183	g/cm3	0.952
Melt Flow Rate (190 C/5.06kg)	ISO 1133	g/10min	0.35
Melt Flow Rate (190 C/21.16 kg)	ISO 1133	g/10min	9.5
FRR(21.6/5)		-	27
Impact strength (23 C)	ISO 179/1eA	mj/mm2	10
Swell ratio	MPC-Test	%	>115
Flextural Creep Modulus (4point,1min)	DIN 19537-2	Mpa	1100
Tensile Modulus (23 C,v=1mm/min,secant)	ISO 527	Mpa	1200
Stress at Break	ISO 527	Mpa	34
Elongation at Break	ISO 527	%	>800
Elongation at Yield	ISO 527	%	10
Softening Temperature	ISO 306	C	80
Brittle Temperature	ASTM D746-72	C	<-80
shore D hardness	ISO 868		62
ESCR in full notch creep test (80 C,2%Arcopal)	ISO CD 16770	h@3.5 Mpa	5

HD-EX 5
License Grade Code HM 9450 F

Product Description:

"EX 5" is a high density polyethylene with 1-Butene as co monomer. It is good toughness, low gel level, good toor strenght, good stiffness and tenacity, High molar mass.

Applications:

- Film extrusion
- Counter bag, carrier bag
- Wrapping films & sheets

PROPERTY	TEST METHOD	UNIT	TYPICAL VALUE*
Mass density (23 C)	ISO 1183	g/cm3	0.949
Melt Flow Rate (190 C/5.0kg)	ISO 1133	g/10min	0.28
Melt Flow Rate (190 C/21.16kg)	ISO 1133	g/10min	8
FRR(21.6/5)	-	-	29
FN	MPC-TEST	-	≤3/≤120
Stress at Yield	ISO 527	Mpa	24
Max. Tensile Strength MD / TD	ISO 527	Mpa	45/40
Stress at Break	ISO 527	Mpa	35
Tear Strength MD / TD	ISO 6383-2	m N	200/450
Max. Elongation MD / TD	ISO 527	%	400/450
Softening Temperature	ISO 306	C	75
Brittle Temperature	ASTM D746-72	C	<-80
shore D hardness	ISO 868		60
Dart Drop Impact	ASTM D 1709	g	220

- Typical Values: not to be construed as specifications
- Blow film thickness 20 μ m , Extruded at melt temp. of 200 c and Blow up Ratio 4:1
- Recommended melt temp: 200~230 c
- Recommended film thickness: 10~200 μ m

گریدهای فیلم دمشی HDPE



7000F (FILM GRADE) PRODUCT DESCRIPTION

7000 F is a high density polyethylene resin ;a product of bi-modal process from Mitsui Chemicals, Inc. of Japan

TYPICAL APPLICATION

- ◆ Recommend film thickness at 10-25 micron
- ◆ High tensile strength with good dart impact strength
- ◆ Low gel content
- ◆ Good moisture barrier
- ◆ Food contact applicable
- ◆ Good impact resistance and processability
- ◆ Shopping bag and T-shirt bag
- ◆ Garbage bag
- ◆ Liner bag
- ◆ Enhanced ultra thin film
- ◆ High stiffness
- ◆ Wide service Temperature range, UV resistance

PROPERTIES

Physical properties

Property	Test Method	Value	Unit
Resin Properties			
Melt Flow Rate	ASTM D 1238 @ 190 °C, 2.16 kg	0.04	g/10 min
Density	ASTM D 1505	0.954	g/cm3
Melting Point	ASTM D 2117	131	°C
Vicat Softening Point	ASTM D 1525	124	°C
Brittleness Temperature	ASTM D 746	< -60	°C
ESCR	ASTM D 1693 @ 50 °C (Condition: Compression Molded, 25% Igepal)	> 1000	hrs, F50
Film Properties			
Tensile Strength at Yield	ASTM D 638 @ crosshead speed 50mm/min	MD: -, TD: 250*	kg/cm2
Tensile Strength at Break	ASTM D 638 @ crosshead speed 50mm/min	MD: 620*, TD: 310*	kg/cm2
Tensile Modulus, 2% Secant	ASTM D 638 @ crosshead speed 50mm/min	MD: 8200*, TD: 8000*	kg/cm2
Elongation at Break	ASTM D 638 @ crosshead speed 50mm/min	MD : 240*, TD : 450*	%
Elmendorf Tear Strength	ASTM D 1922	MD : 3*, TD : 80*	g
Dart Impact Strength	ASTM D 1709	139*	g

(* Properties obtained from film produced on a pilot line , 12 micron, BUR 5:1, MD = Machine Direction, TD = Transverse Direction

Note : Conversion factor for changing unit from kg/cm2 to MPa is divided by 10.2

PROCESSING TECHNIQUES

The actual extrusion condition depends on type of using machine, size and film thickness of product required.

Generally, melt temperature should be 190-210 oC with BUR = 3-5 times and frost line height (FLH) = 8-10 times of die

HD-EX 3-100S

License Grade Code HM CRP 100 N

Product Description:

"EX3-100s" is a high density polyethylene with 1-Butene as co monomer. It is Natural outstanding ESCR, high impact strength, outstanding hydrostatic strength for PE 100 class.

Applications:

- Pipe extrusion PE 100 class
- Industrial and pressure pipe, Gas pipe, drinking water pipe
- relining, fittings

Typical data

PROPERTY	TEST METHOD	UNIT	TYPICAL VALUE*
Mass density (23 C)	ISO 1183	g/cm3	0.948
Melt Flow Rate (190 C/5.0kg)	ISO 1133	g/10min	0.22
Melt Flow Rate (190 C/21.16 kg)	ISO 1133	g/10min	6.2
FRR(21.6/5)	-	-	27

PROPERTY	TEST METHOD	UNIT	TYPICAL VALUE*
Stress at Yield	ISO 527	Mpa	23
Flextural Creep Modulus (4point,1min)	DIN 19537-2	Mpa	1050
Tensile Modulus (23 C,v=1mm/min,secant)	ISO 527	Mpa	850
Stress at Break	ISO 527	Mpa	36
Elongation at Break	ISO 527	%	>1000
Elongation at Yield	ISO 527	%	10
Softening Temperature	ISO 306	C	74
Brittle Temperature	ASTM D746-72	C	<-80
shore D hardness	ISO 868		62
ESCR in full notch creep test (80 C,2%Arcopal)	ISO CD 16770	h@4.0 Mpa	400
Impact strength (23 C)	ISO 179/1eA	Kj/m2	25
S4 Test (RCP)	ISO DIS 13477	bar	PC >20
Notch Test (SCG)	ISO DIS 13479	Mpa h@4.0	>1000
Hydrostatic strength test (80 C)	ISO 1167	Mpa h@4.6	>15000
VN	-	Cm3/g	>360
FNCT (950C, 4.0MPa)	-	h	>5000

گريدهای لوله HDPE

HD-EX 3-80S

License Grade Code HM 5010 T3 N

Product Description:

"EX3-80S" is a high density polyethylene with 1-Butene as co monomer. It is natural, excellent ESCR, high impact strength, outstanding hydrostatic strength for PE 80 class.

Applications:

- Pipe extrusion PE 80 class
- Industrial and pressure pipe, Gas pipe, drinking water pipe
- relining, fittings

Typical data

PROPERTY	TEST METHOD	UNIT	TYPICAL VALUE*
Mass density (23 C)	ISO 1183	g/cm3	0.944
Melt Flow Rate (190 C/5.0kg)	ISO 1133	g/10min	0.43
Melt Flow Rate (190 C/21.16kg)	ISO 1133	g/10min	10.3
FRR(21.6/5)	-	-	24

PROPERTY	TEST METHOD	UNIT	TYPICAL VALUE*
Stress at Yield	ISO 527	Mpa	22
Flextural Creep Modulus (4point,1min)	DIN 19537-2	Mpa	900
Tensile Modulus (23 C,v=1mm/min,secant)	ISO 527	Mpa	850
Stress at Break	ISO 527	Mpa	35
Elongation at Break	ISO 527	%	>1000
Elongation at Yield	ISO 527	%	10
Softening Temperature	ISO 306	C	67
Brittle Temperature	ASTM D746-72	C	<-80
shore D hardness	ISO 868		59
ESCR in full notch creep test (80 C,2%Arcopal)	ISO CD 16770	h@4.0 Mpa	200
Impact strength (23 C)	ISO 179/1eA	Kj/m2	23
S4 Test (RCP)	ISO DIS 13477	bar	PC >3
Notch Test (SCG)	ISO DIS 13479	Mpa h@4.0	>2500
Hydrostatic strength test (80 C)	ISO 1167	Mpa h@4.6	>5000
VN	-	Cm3/g	>300
FNCT (950C, 4.0MPa)	-	h	>100

DESCRIPTION

Lotrène® FB3003 is an additive free grade mainly recommended for heavy duty film applications.

PROPERTIES

Lotrène® FB3003 has a suitable molecular structure to produce film with excellent mechanical properties, outstanding shrink properties. It has a high stress cracking resistance.

POLYMER PROPERTIES	VALUE	UNIT	TEST METHOD
Melt Flow Index	0.30	g/10 min.	ASTM D-1238
Density @ 23 °C	0.920	g/cm ³	ASTM D-1505
Crystalline Melting Point	109	°C	ASTM E-794
Vicat Softening Point	95	°C	ASTM D-1525

FILM PROPERTIES	VALUE	UNIT	TEST METHOD
Tensile Strength @ Yield MD/ TD	16/11	Mpa	ASTM D-882
Tensile Strength @ Break MD/ TD	25/25	Mpa	ASTM D-882
Elongation @ Break MD/ TD	550/600	%	ASTM D-882
Impact Strength, F 50	220	G	ASTM D-1709
Coefficient Of friction	0.50	-	ASTM D-1894
Haze	13	%	ASTM D-1003
Gloss (@ 45 °)	40	Gu	ASTM D-2457
Clarity	25	%	ASTM D-1746

(The above properties are measured on a blown film of 50 µm, @ 2.5 BUR)

LDPE



Technical Data Sheet

Lupolen 2420D

Low Density Polyethylene

Product Description

Lupolen 2420 D is a non-additivated, low density polyethylene. It is characterized by a high melt strength leading to a good bubble stability during blown film extrusion. It is delivered in pellet form.

This product is not intended for use in medical and pharmaceutical applications.

Regulatory Status

For regulatory compliance information, see *Lupolen 2420D Product Stewardship Bulletin (PSB) and Safety Data Sheet (SDS)*.

Status	Commercial: Active
Availability	Africa-Middle East; Asia-Pacific; Europe
Application	Agriculture Film; Bags & Pouches; Heavy Duty Packaging; Liner Film; Shrink Film; Stretch Hood
Market	Flexible Packaging
Processing Method	Blown Film
Attribute	General Purpose; Good Processability; Good Tear Strength; Good Toughness

Typical Properties	Nominal Value	Units	Test Method
Physical			
Melt Flow Rate, (190 °C/2.16 kg)	0.25	g/10 min	ISO 1133-1
Density	0.923	g/cm ³	ISO 1183-1
Mechanical			
Tensile Modulus	260	MPa	ISO 527-1, -2
Tensile Stress at Yield	10	MPa	ISO 527-1, -2
Film			
Dart Drop Impact Strength, F50	250	g	ASTM D1709
Tensile Strength			
MD	27	MPa	ISO 527-1, -3
TD	25	MPa	ISO 527-1, -3
Tensile Strain at Break			
MD	200	%	ISO 527-1, -3
TD	500	%	ISO 527-1, -3
Coefficient of Friction	>0.8		ISO 8295
Impact			
Failure Energy	6.5	J/mm	DIN 53373
Film thickness: 70 µm			
Thermal			
Vicat Softening Temperature, (A/50 N)	96	°C	ISO 306
Peak Melting Point	110	°C	ISO 3146

Optical

Haze, (50 µm)	<14	%	ASTM D1003
Gloss			
(20°)	>15		ASTM D2457
(60°)	>50		ASTM D2457

Additional Information

Test Specimen	Film
Film properties tested using 50 µm thickness blown film extruded at a melt temperature of 180°C and a blow-up ratio of 2.5:1.	

Processing Parameters

Extrusion Temperature	170-220 °C
-----------------------	------------

AMIR KABIR PETROCHEMICAL COMPANY
LLDPE LL0205AA
 Linear Low Density Polyethylene

LLDPE

AMIR KABIR PETROCHEMICAL COMPANY
LLDPE LL0209 AA
 Linear Low Density Polyethylene

AMIRKABIR PETROCHEMICAL COMPANY

AMIRKABIR PETROCHEMICAL COMPANY

1 Product Description:

“LL0205AA” is a LLDPE copolymer with butene-1 as comonomer which contains anti-oxidant. This grade is especially suitable for use pure for handwrap stretch film or blended with LDPE for Heavy duty sacks. Film made from LL0205AA shows improved toughness compared to standard 1 MFR LLDPE butene Copolymer.
 Neutralizer: calcium stearate
 Antioxidant: Irganox1010, Irgafos168

2 Applications:

- Heavy duty sacks, Mulch films.
- Stretch film, liners, Geomembrane.

LLDPE

No.	Property	Value	Unit	Test Method
1	MFR (190°C/2.16kg)	0.5	g/10min	ISO 1133
2	Density	920	Kg/m ³	ISO 1183
3	Tensile Strength at Yield MD/TD	10/11	MPa	ISO 527
4	Tensile Strength at break MD/TD	42/35	MPa	ISO 527
5	Elongation at Break MD/TD	600/700	%	ISO 527
6	Tear Strength MD/TD	155/375	g/25µm	ASTM D 1922
7	Dart Drop Impact	160	g	ASTM D 1709

1 Product Description:

“LL 0209AA” is a LLDPE copolymer with butene-1 as comonomer which contains antioxidant. It is recommended for general purpose applications. It is suitable for blending with conventional LDPE. Film made from pure LL 02090 AA has the following advantages over conventional LDPE:
 Better sealing, higher puncture resistance.
 Greater drawdown capability.
 Higher tensile strength.
 Neutralizer: Calcium Stearate.
 Antioxidant: Irganox1010, Irgafos168

2 Applications:

- Food Grade
- Heavy duty sacks, Agricultural films, liners.
- Produce bags, Stretch film



LLDPE

No.	Property	Result	Value	Unit	Test Method
1	MFR (190°C/2.16kg)		0.9	g/10min	ISO 1133
2	Density		920	Kg/m ³	ISO 1183
3	Tensile Strength at Yield MD/TD		10/11	MPa	ISO 527
4	Tensile Strength at Break MD/TD		41/32	MPa	ISO 527
5	Elongation at Break MD/TD		620/840	%	ISO 527
6	Tear Strength MD/TD		145/370	g/25µ	ASTM D1922
7	Dart Drop Impact		150	g	ASTM D1709

PP Homo



C 30 S

PROPERTIES	METHOD (b)	UNIT	TYPICAL VALUE (a)
Physical properties			
Melt flow rate (230°C, 2.16 kg)	ISO 1133	dg / min	6
Density	ISO 1183	g/cm ³	0.9
Mechanical properties			
Flexural modulus	ISO 178	N/mm ²	1500
Tensile strength yield	ISO R 527	N/mm ²	34
Elongation at yield	ISO R 527	%	13
Izod impact strength (notched) at 23°C	ISO 180	kJ/m ²	4
Hardness Shore D	ISO 868	points	71
Thermal properties			
Vicat softening point (9.8 N)	ISO 306/A	°C	155
H.D.T. (0.46 Mpa)	ISO 75/B	°C	112
Accelerated oven ageing in air (forced circulation) at 150°C	ISO 4577	hour	360

Z 30 S

PROPERTIES	METHOD (b)	UNIT	TYPICAL VALUE (a)
Physical properties			
Melt flow rate (230°C, 2.16 kg)	ISO 1133	Dg / min	25
Density	ISO 1183	g/cm ³	0.9
Mechanical properties			
Flexural modulus	ISO 178	N/mm ²	1550
Tensile strength at yield	ISO R 527	N/mm ²	35
Elongation at yield	ISO R 527	%	13
IZOD impact strength (notched) at 23°C	ISO 180	kJ/m ²	3
Hardness Shore D	ISO 868	Points	72
Thermal properties			
Vicat softening point (9.8 N)	ISO 306/A	°C	155
H.D.T. (0.46 Mpa)	ISO 75/B	°C	118
Accelerated oven ageing in air (forced circulation) at 150°C	ISO 4577	hours	360