به نام خدا

برگزار کننده:

موسسه اندیشه برتر میران و ویکی پلاست

مدرسین:

مجید حبیب الهی دکترای مهندسی پلیمر - میلاد سلطانی کارشناس ارشد مهندسی پلیمر

زمستان ۱۳۹۸

موسسه اندیشه برتر میران

تولید، تکمیل و عیب‌یابی نایلون-نایلکس

۱- نایلون – نایلکس –مواد اولیه

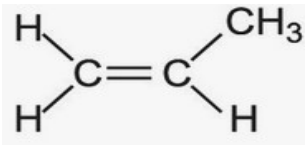
۲- نیازهای موادی-فرآیندی تولید نایلون و نایلکس

۳- خواص فیزیکی-مکانیکی نایلون و نایلکس

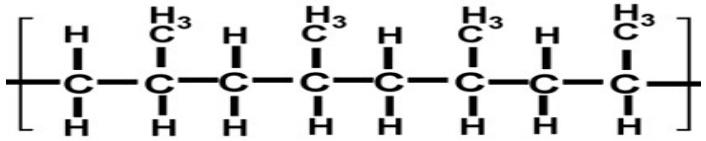
۴- اختلالات تولید-تکمیل نایلون و نایلکس

ساختار پلی اتیلن و پلی پروپیلن؛ مواد اولیه تولید فیلم

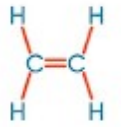
- ساختار شیمیایی آنها کاملا مشابه بوده و فقط از کربن و هیدروژن تشکیل شده اند.



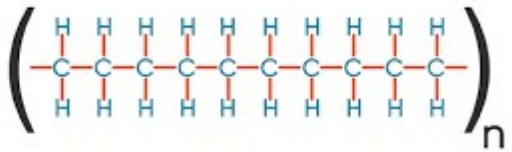
پروپیلن



پلی پروپیلن



اتیلن

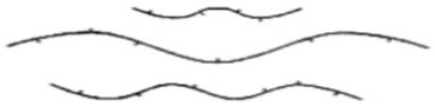


پلی اتیلن

- نحوه چیدمان اتم ها در کنار هم موجب تفاوت در خواص و تنوع دادن به گریدهای آنها شده است.

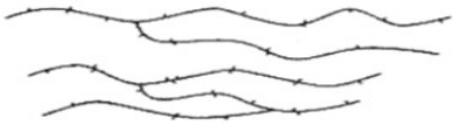
HDPE

- پلی اتیلن سنگین یا HDPE : خشک و سفت و مات



LLDPE

- پلی اتیلن سبک خطی یا LLDPE: نرم و منعطف و نیمه مات



LDPE

- پلی اتیلن سبک یا LDPE : نسبتا نرم و نسبتا سفت و شفاف

موسسه اندیشه برتر میران

چگونه مواد را بشناسیم؟

- پلی اتیلن
  - شاخص جریان مذاب چقدر است؟
  - نسبت شاخص جریان مذاب چقدر است؟
  - دانسیته مواد چقدر است؟
- پلی پروپیلن
  - شاخص جریان مذاب چقدر است؟
  - نوع ماده چیست؟
    - هموپلیمر
    - کوپلیمر تصادفی
    - کوپلیمر بلوکی
  - مدول/تنش تسلیم/شفافیت

شاخص جریان مذاب (MFI)

- MFI برای پلی اتیلن در دمای ۱۹۰ درجه و برای پلی پروپیلن در دمای ۲۳۰ درجه اندازه گیری می شود.
- اندازه گیری MFI معمولا در وزنه های 2.16، 5 و 21.6 kg انجام می شود.
- MFI با سهولت حرکت مذاب داخل اکسترودر یا فشار مذاب نسبت عکس دارد.
- نسبت شاخص جریان مذاب یا FRR با سهولت حرکت مذاب داخل اکسترودر نسبت مستقیم دارد.

$$FRR = \frac{MFI21.6}{MFI5}$$

$$FRR = \frac{MFI21.6}{MFI2.16}$$

- هر چه MFI وزنه های 2.16 یا 5 کمتر باشد در تولید فیلم های پلی اتیلن
  - قابلیت اکستروژن مواد کمتر یا فشار مذاب بالاتر و دمای فرایند باید بالاتر باشد.
  - مذاب سفت تر و قابلیت کش آمدن مذاب کمتر می شود.
  - تولید حباب های بزرگتر راحت تر می شود.
  - حباب را در ارتفاع های بالاتری می توان خنک کرد.

شاخص جریان مذاب (MFI)

- هر چه FRR بیشتر باشد در مورد پلی اتیلن
  - سهولت حرکت مذاب داخل اکسترودر بالاتر است.
  - می توان مواد با MFI کمتر را با سهولت بیشتری اکسترود کرد.
  - می توان دمای مذاب را کمتر استفاده کرد.
  - می توان دور ماردون را بالاتر در نظر گرفت.
  - رسیدن به فیلم های نازک تر راحت تر است.
- حساسیت پلی پروپیلن در تولید فیلم به MFI کمتر از پلی اتیلن است.
- گریدهای فیلم معمولا MFI در محدوده ۵ تا ۱۰ در وزنه 2.16 kg دارند.
- برای تولید فیلم های BOPP لازم است از MFIهای کمتر در حدود ۳ استفاده کرد.

ABM
موسسه اندیشه برتر میران

دانسیته

- دانسیته بالاتر در پلی اتیلن
  - یعنی برای ذوب کردن مواد نیاز به دمای بالاتری است.
  - یعنی برای ذوب کردن مواد باید از ماردون های خاص تر که دارای نواحی اختلاط هستند استفاده کرد.
  - موجب می شود احتمال تشکیل ژل در فیلم تولیدی از آن بالاتر باشد.
  - فیلم تولید شده مات تر است.
  - فیلم تولید شده سفت تر و خشک تر و محکم تر است.
  - یعنی می توان در ضخامت های کمتر همچنان استحکام خوبی داشت.
- دانسیته در پلی پروپیلن نقشی در انتخاب گرید برای کاربردهای فیلم ندارد.

نوع ماده

- پلی اتیلن سنگین
  - برای اکسترود کردن مواد نیاز به دماهای بالایی است.
  - برای اکسترود کردن مواد نیاز به استفاده از ماردون خاص است: بلندتر و یا حاوی نواحی اختلاط
  - حباب آن گردن دارد. با بلندتر شدن گردن خواص فیلم بهتر می شود.
  - بدلیل دانسیته بالایی که دارد می تواند در ضخامت های کم استحکام خوبی داشته باشند.
  - فیلم های تولید شده از آن خشک و مات است.
  - FRRهای بالاتر موجب تولید ساده تر، سریع تر و بهتر می شود.
  - MFIهای بالاتر شرایط تولید را ساده تر می کند ولی از طرف دیگر محدوده های کار با مواد را باریکتر می کند: گردن حباب کوچکتر، عرض حباب کوچکتر
  - مهم ترین فاکتورهای آن MFI، FRR و دانسیته است.

نوع ماده

- پلی اتیلن سنگین

ویژگی	MFI @ 2.16/5	FRR	دانسیته
فشار مذاب	↓	↓	
صافی سطح	↑	↑	
ماتی	↓	↓	↑
قابلیت نازک کردن فیلم	↑	↑	
قابلیت افزایش عرض فیلم	↓		
مقاومت ضربه	↑	↑	↓
استحکام طولی فیلم	↓	↓	↑
استحکام عرضی فیلم	↑	↑	↑
خشکی فیلم			↑
قابلیت دوخت	↑		↓
استحکام دوخت	↓		↑

ABM
موسسه اندیشه برتر میران

R	گرید	کمپانی	MFI (ASTM D1238)	FRR (10/2.16)	استفاده	مواد مشابه		خانواده
1	7000F	مهر	0.24	35.9	فیلم	F00952	6888	HD-01
2		ایلام	0.25	33.3				
3	MCH 3713	آریاساسول	0.3	19.6	فیلم	F00952	6888	
4	EX5	امیرکبیر	0.31	27.7	فیلم	7000F	F00952	
5		جم	0.32	28.6		BL4		HD-02
6		کرمانشاه	0.29	30.8				
7		مارون	0.29	32				
8	BL4	جم	0.46	18	فیلم	EX5	7000F	
9	EX3	امیرکبیر	0.44		لوله	5110	MF3713	HD-03
10		اراک	0.38					
11	HF5110	آریاساسول	0.56	17.7	فیلم	MF3713	EX3	
12	MF3713	آریاساسول	0.63	19.6	فیلم	5110	EX3	
13	BL3	جم	1.12	20.2	بادی	0035	5200B	HD-04
14		کرمانشاه	1.10	30.5				
15		مارون	1.11					
16		اراک	1.13					
17	HB0035	بندر امام	1.33	15.4	بادی	BL3	5200B	
18	5200B	مهر	1.14		تزریق	BL3	0035	
19	HB5020	آریاساسول	1.20	16.8	بادی	0035	BL3	

نایلکس

❊ پلی‌اتیلن سنگین (HDPE)

(7000F , EX5, BL3, 0035, 3713, 5110, 952 ,...)

کاملا خطی ، خشک، دیر ذوب‌تر

مات‌تر ، مستحکم‌تر

❊ پلی‌اتیلن سبک خطی (LLDPE)

(0209AA , 0220, 22501, 22B01, 22B02, ...)

ساختار خطی، زود ذوب‌تر، روشن‌تر

نرم‌تر ، پرکشش‌تر ، ضربه‌پذیر تر

نوع ماده

- پلی اتیلن سبک خطی
  - برای اکسترود کردن مواد نیاز به دماهای بالایی نیست.
  - مواد مذاب حین اکسترود کردن حرارت زایی دارند و سفت می باشد.
  - برای اکسترود کردن مواد نیاز به استفاده از ماردون خاص نیست.
  - حباب آن گردن ندارد یا گردن کوچکی دارد.
  - تولید فیلم از آن سخت است چون حباب بازی دارد و مذاب استحکام کافی ندارد.
  - بدلیل دانسیته پایین و ساختار ویژه مولکولی اش فیلم های آن بسیار نرم و منعطف هستند ولی در عوض استحکام کمی دارند.
  - FRRهای آن نسبتا پایین و برای گریدهای مختلف تقریبا یکسان است.
  - MFIهای بالاتر شرایط تولید را سخت تر می کند.
  - دانسیته های کمتر فیلم ها را نرم تر و منعطف تر می کند.
  - پس مهم ترین فاکتورها در LLDPE شامل MFI و دانسیته هستند.

نوع ماده

- پلی اتیلن سبک خطی

ویژگی	MFI @ 2.16/5 ↑	FRR ↑	دانسیته ↑
فشار مذاب	↓	↓	
صافی سطح	↑	↑	
ماتی	↓	↓	↑
قابلیت افزایش عرض فیلم	↓		
مقاومت ضربه	↓	↓	↓
استحکام طولی فیلم	↓	↓	↑
استحکام عرضی فیلم	↑	↑	↑
انعطاف پذیری فیلم			↓
قابلیت دوخت	↑		↓
استحکام دوخت	↓		↑

نوع ماده

- پلی اتیلن سبک
  - برای اکسترود کردن مواد نیاز به دماهای بالایی نیست.
  - مواد به راحتی ذوب شده و با فشار پایینی اکسترود می شود.
  - برای اکسترود کردن می توان از ماردون های معمولی استفاده کرد.
  - حباب آن گردن ندارد.
  - تولید فیلم از آن آسان است چون حباب بسیار پایدار است.
  - بدلیل دانسیته پایین و ساختار ویژه مولکولی اش فیلم های آن نرم و نسبتا منعطف هستند و ضمنا استحکام نسبتا بالایی نیز دارند.
  - FRRهای آن بالاست و برای گریدهای مختلف تقریبا یکسان است.
  - MFIهای بالاتر شرایط تولید را برای حباب های بزرگتر سخت تر می کند.
  - دانسیته گریدهای آن تقریبا یکسان است یا در محدوده باریکی تغییرات دارد.
  - پس مهم ترین فاکتورها در LDPE شامل MFI می باشد.

نوع ماده

- پلی اتیلن سبک

ویژگی	MFI @ 2.16/5 ↑	FRR ↑	دانسیته ↑
فشار مذاب	↓	↓	
صافی سطح	↑	↑	
ماتی	↓	↓	↑
قابلیت افزایش عرض فیلم	↓		
مقاومت ضربه	↓	↓	↓
استحکام طولی فیلم	↓	↓	↑
استحکام عرضی فیلم	↑	↑	↑
قابلیت دوخت	↑		↓
استحکام دوخت	↓		↑

ABM
موسسه اندیشه برتر میران

R	گرید	کمپانی	MFI (ASTM D1238)	FRR (10/2.16)	استفاده	مواد مشابه		خانواده
1	0205AA	امیرکبیر	0.52	5.5	فیلم	0209AA	22501AA	LLD-00
2	0209KJ	امیرکبیر	0.89	6.8	لیزخور	22501Kj	22B01KJ	LLD-01
3		تبریز	0.88	8.34				
4		شازند	0.92	7.9				
5	22501 Kj	جم	0.87	8.04	لیزخور	0209KJ	22B01KJ	
6	0209AA	امیرکبیر	0.88	7.2	فیلم	22501AA	22B01AA	LLD-02
7		تبریز	0.86	8.4				
8		شازند	0.93	7.4				
9	0209UA	تبریز	0.9	8.3	فیلم	0209AA	22501AA	
10	22501AA	جم	1.00	7.5	فیلم	0209AA	22B01AA	
11	22401AA	لرستان	1.0		فیلم	22501AA	22B01AA	
12	22B01	مهاباد	1.01	7.56	فیلم	22501AA	6910AA	
13	6910AA	لرستان	0.60	9.6	فیلم	22401AA	22B01AA	
14	0220KJ	امیرکبیر	2.31	7.6	لیزخور	22501Kj	22B01KJ	LLD-03
15		تبریز	2.10	7.3				
16	0220AA	امیرکبیر	2.24	7.4	فیلم	22B02	22501AA	LLD-04
17	22B02	مهاباد	1.93	7.55	فیلم	0220AA	22501AA	

ABM
موسسه اندیشه برتر میران

R	گرید	کمپانی	MFI (ASTM D1238)	FRR (10/2.16)	استفاده	مواد مشابه		خانواده
1	2020 C	امیرکبیر	0.15	9	فیلم	2420D	2100	LD-03
2	2420D	امیرکبیر	0.22	24.2	فیلم	2100	2020 C	
3	2100TN00	لاله	0.33	16.3	فیلم	2420D	2020 C	
4	2420F	امیرکبیر	0.70	15.9	فیلم	0075	2101	LD-02
5	LH0075	بندر امام	0.77	13.0	فیلم	2101	2420F	
6	2101TN00	لاله	0.80	14	فیلم	0075	2420F	
7	2102TX00	لاله	2.05	12.3	فیلم	0190	2119	LD-01
8	2102TN42	لاله	2.27		لیزخور	0190	2119	
9	2420H	امیرکبیر	1.89	13.9	فیلم	020	2102	
10	LF0190	آریاساسول	2.07	13	فیلم	2119	2102	
11	LFI2119	آریاساسول	1.97	13.9	فیلم	0190	2102	
12	LF0200	بندر امام	1.98	12.0	فیلم	2420H	2102	
13	LF0250Kj	آریاساسول	2.79		فیلم	0470KJ	020	
14	2420K	امیرکبیر	3.88		فیلم	2004TX	2047A	LD-00
15	2004TC37	لاله	4.42	11.5	لیزخور	2004TC00	0470KJ	
16	2004TX00	لاله	4.62		فیلم	2420K	2047A	
17	2004TC00	لاله	4.70	14.4	لیزخور	2004TC37	0470KJ	
18	LFI2047A	آریاساسول	4.63	13.6	فیلم	2004TX	2420K	
19	LP0470KJ	آریاساسول	4.62		فیلم	2004TC	0250KJ	

نایلون

❊ پلی‌اتیلن سبک (LDPE)

(0200 , 0075, 2420, 0190, 2102, 2100 ,...)

شاخه‌ای ، کاملاً بی‌نظم ، زود ذوب‌تر

شفاف‌تر ، مستحکم‌تر ، مخصوص عریض

❊ پلی‌اتیلن سبک خطی (LLDPE)

(0209Kj,AA , 0220, 22501, 22B01, 22B02, ...)

ساختار خطی، دیر ذوب‌تر، مات‌تر

نرم‌تر ، پرکشش‌تر ، ضربه‌پذیر تر

نوع ماده

- پلی پروپیلن
  - برای اکسترود کردن مواد نیاز به دماهای بالایی است.
  - مواد به راحتی ذوب شده و با فشار پایینی اکسترود می شود.
  - برای اکسترود کردن می توان از ماردون های معمولی استفاده کرد.
  - حباب آن گردن ندارد و رو به پایین است.
  - تولید فیلم دمشی از آن نسبتا مشکل است چون حباب بسیار ناپایدار است.
  - بدلیل ویژگی های بلورین شدن فیلم های آن فقط وقتی سریع سرد می شوند شفاف هستند.
  - ویژگی دیگر فیلم های آن خشکی و سفتی و استحکام بسیار بالا است.
  - FRR در آن اهمیت کمی دارد و گزارش نمی شود.
  - بدلیل شرایط خاص تولید فیلم ها MFI چندان تأثیری بر سهولت تولید فیلم ندارد.
  - دانسیته گریدهای آن تقریبا یکسان است.
  - گریدهای کوپلیمر تصادفی دمای فرایند پایین تر، شفافیت بیشتر، استحکام کمتری دارند.
  - پس مهم ترین فاکتورها در PP شامل MFI و نوع آن شامل هموپلیمر یا کوپلیمر می باشد.

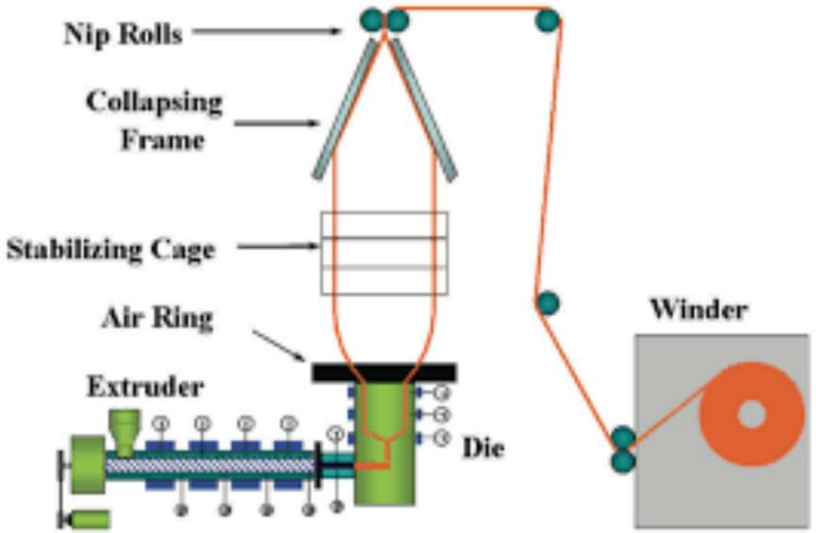
نوع ماده

- پلی پروپیلن

ویژگی	MFI @ 2.16/5 ↑	کومنومر	آرایش یافتگی ↑
فشار مذاب	↓		
ماتی		↑	↑
مقاومت ضربه	↓	↑	↑
استحکام طولی فیلم	↓	↓	↑
استحکام عرضی فیلم	↑	↑	↑
قابلیت دوخت	↑	↑	↓
استحکام دوخت	↓	↓	↑

معرفی فرایند فیلم دمشی

- فرایند به دو بخش اصلی قبل و پس از دای تقسیم می شود.
  - قبل از دای پلیمر با عبور از اکسترودر ذوب شده و با عبور از دای بصورت یک تیوب در می آید.
  - بعد از دای تیوب مذاب با کشش در جهت طولی و عرضی به ابعاد دلخواه تبدیل می شود.
- اجزاء فرایند فیلم دمشی قبل از دای
  - اکسترودر
  - دای
- اجزاء فرایند فیلم دمشی پس از دای غلتک های کشنده
  - سیستم دمش
  - سیستم خنک کاری
  - غلتک های هدایت کننده
  - غلتک های جمع کننده



موسسه اندیشه برتر میران

پارامترهای موثر در فرایند فیلم دمشی

- خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم تا حدود زیادی پس از دای کنترل می شود.
  - نسبت دمش (BUR)
  - نسبت کشش (DDR)
  - ارتفاع خط انجماد (FLH)
- قبل از دای نیز بر خواص ظاهری و تا حدودی بر خواص فیلم موثر است.
  - دمای فرایند
  - دور ماردون
- پارامترهای دستگاهی
  - ابعاد و نوع ماردون
  - ابعاد دای

BUR

$$BUR = \frac{2 \times film\ width}{Die\ Diameter}$$

- این پارامتر مقدار کشش در جهت عرضی فیلم را کنترل می کند.
- هر چه مقدار آن بیشتر باشد مقاومت ضربه بهبود می یابد.
- هر چه مقدار آن بیشتر شود خواص کششی جهت طولی تضعیف شده و به خواص جهت عرضی نزدیک تر می شود.
- عوامل محدود کننده در افزایش این پارامتر ویژگی مواد، بروز جمع شدگی حین دوخت حرارتی فیلم و بروز ناپایداری در حباب می باشد.
  - LDPE بهتر از HDPE و بهتر از LLDPE و PP
  - در گریدهای LDPE محصولات بندر امام بهتر از بقیه هستند.
  - MFI کمتر در مواد بهبود قابلیت افزایش عرض فیلم را بدنبال دارد.

DDR

$$DDR = \frac{1}{BUR} \times \frac{Die\ gap}{film\ thickness}$$

- این پارامتر مقدار کشش در جهت طولی فیلم را کنترل می کند.
- هر چه مقدار آن بیشتر باشد مقاومت ضربه فیلم افت می کند.
- هر چه مقدار آن بیشتر باشد خواص کششی جهت طولی تقویت شده و از خواص کششی جهت عرضی بیشتر فاصله می گیرد.
- عوامل محدود کننده در افزایش این فاکتور ویژگی مواد، پایداری فرایند و چقرمگی فیلم می باشند.
  - LLDPE مثل PP و بهتر از HDPE و بهتر از LDPE می باشند.
  - کشش غالب در یک جهت موجب افت مقاومت ضربه می شود.

ABM
موسسه اندیشه برتر میران

FLH

- این پارامتر بیانگر بازه زمانی است که طی آن پدیده های زیر رخ می دهند
  - اعمال تنش های کششی به زنجیر پلیمر در جهت طولی و عرضی
  - رهایش از تنش
  - بلورینگی
- لذا این فاکتور به شدت بر خواص فیزیکی، مکانیکی و نوری فیلم نهایی موثر است.
- هر چه مقدار آن بیشتر باشد مقدار بلورینگی و تنش آزاد شده بیشتر می باشند.
- عامل مهم در محدود کردن آن پایداری فرایند است.

موسسه اندیشه برتر میران

دمای فرایند

- این پارامتر کیفیت مذاب خروجی از دای را تعیین می کند.
- وجود ژل یا تخریب از جمله نتایج دمای فرایند نامناسب بالا یا پایین می باشند.
- درصد تبلور، وزن مولکولی، توزیع وزن مولکولی و وجود شاخه های جانبی بلند برای تنظیم دمای فرایند مورد توجه هستند.
- درصد تبلور بالاتر، وزن مولکولی بالاتر، توزیع باریکتر وزن مولکولی لزوم افزایش دمای مذاب را ایجاب می کند.
- تلفیق وزن مولکولی بالا و دمای فرایند بالا ریسک تولید ژل را به شدت افزایش می دهد.
- عوامل محدود کننده افزایش دما پایداری فرایند و بروز تخریب می باشند.

دور ماردون

- این فاکتور مستقیما با ظرفیت تولید ارتباط داشته و لذا بالاتر بودن آن مورد نظر فرایندکاران است.
- افزایش دور ماردون اثرات زیر را می تواند داشته باشد:
  - بدلیل کاهش زمان اقامت در اکسترودر ریسک ناشی از مذاب غیر یکنواخت و ژل را افزایش دهد.
  - بدلیل افزایش سطح تنش در دای موجب بروز یا تشدید ناصافی سطح ناشی از الاستسیسته می شود.
  - برای حفظ ضخامت فیلم لازم است مقدار کشش پس از دای بالا رفته که می تواند بروز ناپایداری را بدنبال داشته باشد.

موسسه اندیشه برتر میران

پارامترهای دستگاهی

- برای پلی اتیلن معمولا از ماردون ساده سه مرحله ای استفاده می شود با نواحی انتقال جامد، تبدیل فاز و سنجش.
- با افزایش بلورینگی نیاز به نواحی تجهیزات پراکنشی می باشد تا علاوه بر دما به ذوب و یکنواخت سازی مذاب کمک کند.
- با افزایش وزن مولکولی نیاز به پیچ های با طول بزرگتر است تا بتوان با یک پروفایل دمایی ملایم و زمان اقامت مناسب به یکنواختی مطلوب رسید.
- مقدار کشش مورد نیاز برای فیلم تعیین کننده عرض شکاف دای می باشد.
  - عرض شکاف دای کمتر موجب تشدید آرایش یافتگی القایی دای شده و مقدار کشش لازم پس از دای را کم می کند.
  - عرض شکاف دای کم پدیده های سطح تنش در دای را افزایش داده و بروز یا تشدید پدیده های الاستیک را موجب می شود.

فرایندپذیری در فرایند فیلم دمشی

- فرایندپذیری به مفهوم درجه سهولت فرایند شکل دهی در فرایند فیلم شامل موارد زیر است:
  - فشار مذاب در مرحله اکستروژن چقدر است؟
  - گستره شرایط فرایندی (BUR-DDR-FLH) برای داشتن یک فرایند پایدار چقدر است؟
- فشار مذاب اکستروژن به عوامل زیر وابسته است:
  - MFI وزنه حداقل (2.16 یا 5kg) هر چه کمتر فشار مذاب بالاتر
  - FRR هر چه بیشتر فشار مذاب کمتر
- MFI و FRR بالاتر برای فرایندپذیر بهتر لازم هستند.

فرایندپذیری در فرایند فیلم دمشی-ادامه

- فرایندپذیری پس از دای به عوامل ریزساختاری زیر وابسته است:
  - MFI هر چه کمتر باشد فرایندپذیری بهتر است.
  - استفاده از LDPE موجب بهبود فرایندپذیری و استفاده از LLDPE موجب کاهش فرایندپذیری می شود.

نایلون

LDPE

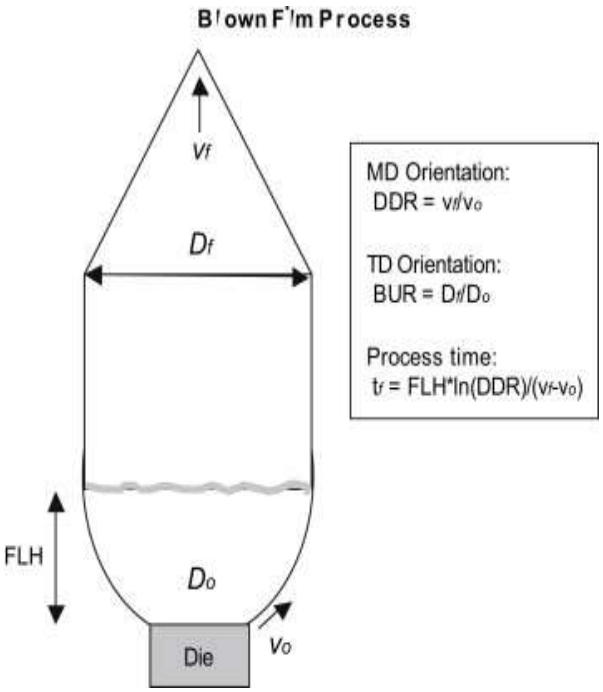
MFI = 0.3 – 4 (gr/10min)

LLDPE

MFI = 0.5 – 3 (gr/10min)

$1.5 \leq \mathbf{BUR} \leq 4.0$

$4 \leq \mathbf{DDR} \leq 30$



نایلکس

HDPE

MFI = 0.2 – 1.1 (gr/10min)

LLDPE

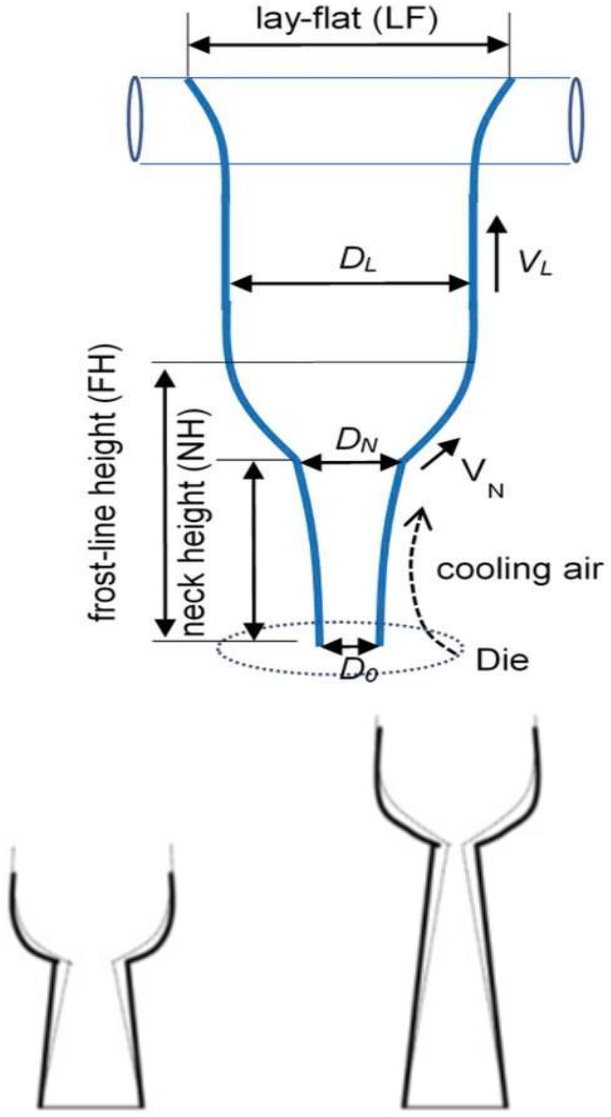
MFI = 0.5 – 3 (gr/10min)

$2.5 \leq$ **BUR** ≤ 5.0

$3.5 \leq$ **DDR** ≤ 30

$10 \leq$ **FLH** ≤ 16

$6.0 \leq$ **e-BUR** ≤ 10



پارگی حباب تولید

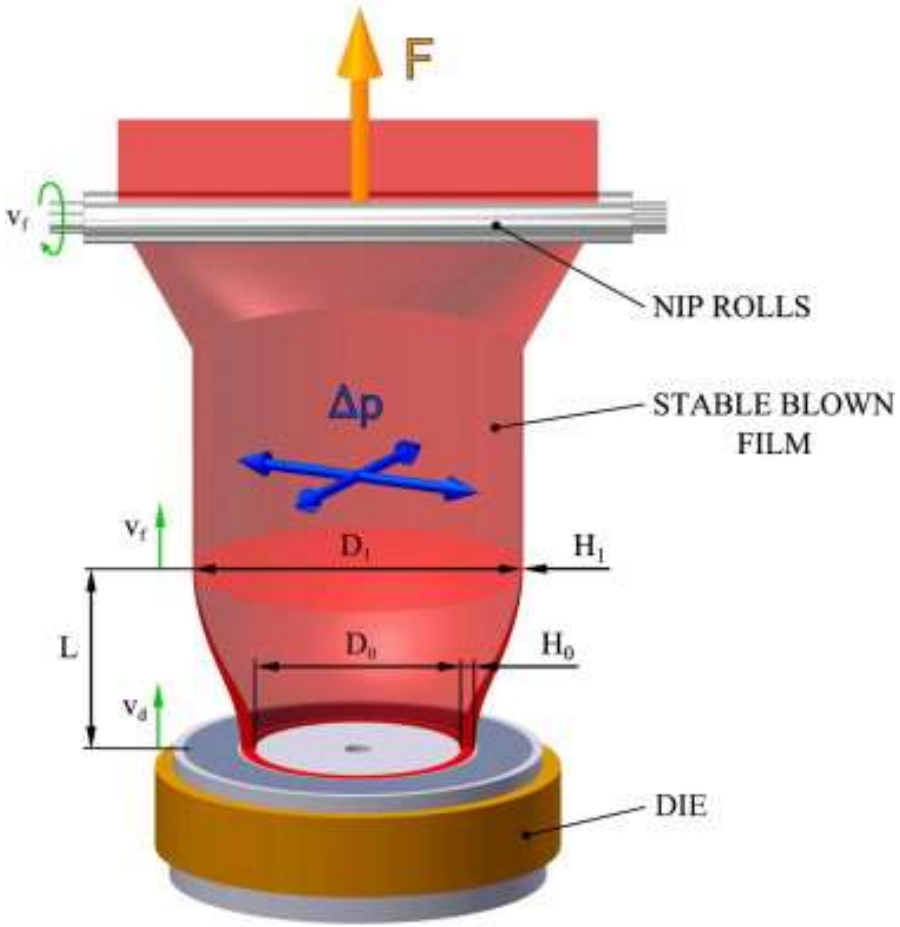
* نایلون

موادی

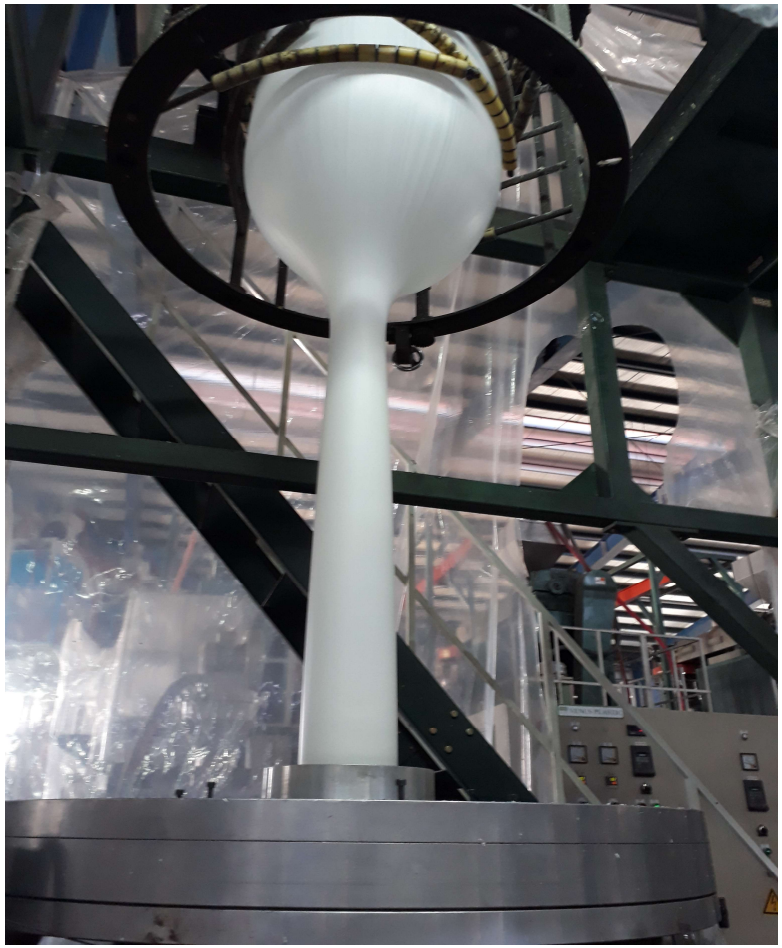
- نقش گریدهای سبک و سبک خطی
- تفاوت استحکام مذاب گریدهای سبک

فرآیندی

- دمای کم قالب
-سایز کوچک برای اکسترودر-قالب بزرگ
-نسبت کشش خیلی بالا-شیار قالب



پارگی حباب تولید



* نایلکس

موادی

- نقش گریدهای سبک-سنگین فیلم و بادی
- افزودنی و ناخالصی

فرآیندی

- دمای کم قالب
- سایز کوچک برای اکسترودر-قالب بزرگ
- نسبت کشش خیلی بالا-شیار قالب

موسسه اندیشه برتر میران

❊ خواص نایلون-نایلکس

❊ فیزیکی و ظاهری :

براقیت ، شفافیت، لیزخوری

بارانی ، بو دادن، چروکی

هاشوری ، زرد شدن، سوراخ‌شدگی

❊ مکانیکی و مقاومتی :

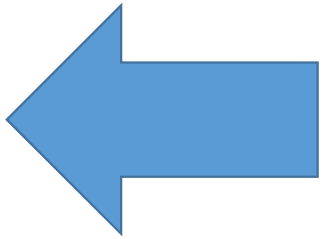
کشش‌پذیری، استحکام کششی

ضربه‌پذیری، چغرمگی، استحکام دوخت

خواص کششی فیلم

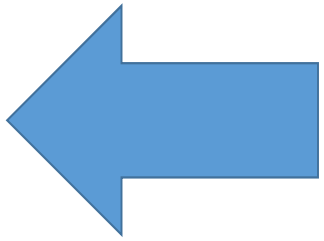
- در فیلم های HDPE خواص کششی جهت طولی شامل مدول و تنش تسلیم از اهمیت زیادی برخودارند.
- در فلیم های LLDPE و LDPE خواص کششی دو جهت بهم نزدیک ترند.
- عوامل موثر بر مدول و تنش تسلیم جهت طولی

- MFI کمتر
- مقدار کومنومر کمتر



مدول و تنش تسلیم بالاتر

- DDR بالاتر
- BUR کمتر
- FLH پایین تر
- عرض شکاف دای بزرگتر



مدول و تنش تسلیم بالاتر در جهت ماشین

موسسه اندیشه برتر میران

خواص کششی فیلم – ادامه

- خواص کششی نهایی در فیلم های PE از نظر کاربردی اهمیت چندانی ندارد.
- میزان دوری یا نزدیکی خواص کششی نهایی در دو جهت می تواند معیاری از فرایند تولید باشد.
  - DDR کمتر، BUR بیشتر و FLH بیشتر منجر به نزدیکی بیشتر رفتار کششی در دو جهت بهم گردد.
- معمولا تنش و کرنش نهایی عکس هم می باشند؛ افزایش یکی موجب کاهش دیگری می شود.
- عوامل ریزساختاری موثر بر خواص کششی نهایی فیلم های
  - MFI کمتر موجب افزایش تنش در نقطه پارگی می شود.
  - مقدار کومنومر چندان موثر نیست.

موسسه اندیشه برتر میران

مقاومت ضربه فیلم

- مقاومت ضربه در فیلم های HDPE از اهمیت چندانی برخوردار نیست.
- مقاومت ضربه فیلم های HDPE با افزایش میزان همگونی (نزدیکی خواص در دو جهت بهم) بهبود می یابد.
  - کاهش MFI به خودی خود موجب کاهش مقاومت ضربه می شوند.
  - افزایش نسبت BUR/DDR موجب بهبود مقاومت ضربه می شود.
  - افزایش FLH موجب بهبود مقاومت ضربه می شود.
  - علاوه بر موارد فوق، افزایش مقدار کومنومر نیز بهبود مقاومت ضربه را به دنبال دارد.
- در فیلم های LLDPE مقاومت ضربه تابعی از MFI، FRR و دانسیته است.
- در فیلم های LDPE مقاومت ضربه تابعی از MFI است.
- نقش پارامترهای فرایند بر مقاومت ضربه در فیلم های LDPE و LLDPE کمتر از HDPE است.

موسسه اندیشه برتر میران

مقاومت جرخوری

- مقاومت جرخوری با آرایش یافتگی فیلم وابسته است و لذا در دو جهت ماشین و عمود بر آن اندازه گیری می شود.
- در جهت آرایش یافتگی مقاومت جرخوری کاهش یافته و در جهت عمود بر آن کاهش می یابد.
- ریزساختار شامل متوسط وزن مولکولی و توزیع آن با تأثیر بر زمان رهایش زنجیرها روی آرایش یافتگی القا شده موثر هستند.
- MFI کمتر و FRR کمتر افزایش آرایش یافتگی القایی را موجب می شوند. در نتیجه اختلاف مقاومت جرخوری در جهات طولی و عرضی افزایش می یابد.
- در مورد LDPE ساختار ویژه اش موجب نزدیک شدن مقاومت جرخوری در جهت طولی و عرضی می شود.

دوخت حرارتی

- دوخت حرارتی در نتیجه نفوذ زنجیرهای هر لای فیلم به لای مقابل و در تماس با آن و تبلور مجدد رخ می دهد.
- عوامل موثر بر نفوذ زنجیرها شامل طول زنجیر و شاخه های جانبی بلند می باشد.
  - MFI کمتر
  - دانسیته بالاتر
  - استفاده از LDPE

- دمای دوخت حرارتی به رفتار حرارتی وابسته است. دمای پایین تر مناسب تر است. دانسیته کمتر سهولت دوخت را به دنبال دارد.
- فشار دوخت ضمن اینکه برای تشکیل دوخت مناسب لازم است ولی کم اهمیت ترین فاکتور می باشد.

موسسه اندیشه برتر میران

خواص نوری فیلم

- ماتی عبارت است از شدت بازدارندگی نور توسط فیلم طی از عبور از آن
- در فیلم های HDPE عامل مهم ماتی ناصافی سطح می باشد.
  - بخشی از آن ناشی از تشکیل ساختارهای بسیار بزرگ بلورین است. آرایش یافتگی القایی و MFI کم عامل آن است.
  - بخش دیگر ناشی از الاستیسیته است که از MFI کم ناشی می شود.
- برای کاهش ماتی در فیلم های HDPE
  - کاهش آرایش یافتگی القایی/الاستیسیته با افزایش FLH، کاهش عرض شکاف دای، افزایش دمای دای، استفاده از کمک فرایندها، کاهش فشار مذاب در دای با استفاده از ترکیب مواد با MFI بالاتر با HDPE،
  - افزایش BUR می تواند به بهبود ماتی کمک کند.
  - افزایش نقش دنباله اوزان مولکولی پایین
  - افزایش MFI مواد اولیه
- در فیلم های LLDPE و LDPE ماتی عمدتا ناشی از الاستیسیته است.

خواص سطحی فیلم

- ضریب اصطکاک و قفل شدگی لاهای فیلم دو ویژگی سطحی مهم در فیلم های پلیمری هستند.
- افزایش بلورینگی و سختی منجر به کاهش ضریب اصطکاک سطح و کمتر شدن نیروی قفل شدگی می شود.
- کاهش ضخامت روی هر دو فاکتور فوق اثر مثبت دارد (کاهش ضریب اصطکاک و نیروی قفل شدگی).
- افزودنی ها برای کنترل این دو ویژگی استفاده می شوند.

موسسه اندیشه برتر میران

قابلیت نازک شدن فیلم HDPE

- برای اینکه بتوان بعد از دای فیلم را بیشتر کشید (نازکتر کرد) لازم است آرایش القایی در دای کمتر بوده و پس از دای به مقدار بیشتری آزاد شود.
- پارامترهای ساختاری کمک کننده به نازک شدن بیشتر فیلم HDPE
  - MFI بالاتر
  - Mw/Mn کمتر
  - دانسیته موثر نیست.
- پارامترهای فرایندی بهبود دهنده قابلیت نازک شدن فیلم HDPE
  - افزایش FLH
  - افزایش عرض شکاف دای
  - افزایش دمای دای
  - استفاده از کمک فرایندها
  - افزودن مواد با MFI بالاتر

ژلینگی در فیلم

- منشأ ژل در فیلم ها
  - مواد ذوب نشده: دمای ناکافی فرایند، ماردون نامناسب
  - مواد با وزن مولکولی بالا: اختلاط ناکافی
  - اختلاط نامناسب مواد در آلیاژها
  - تخریب: دمای بالا، عدم پایدارسازی کافی مواد، وجود مواد با MFI کم
- بهبود مشکل ژل در فیلم ها با تکیه بر مواد اولیه
  - بهبود پایداری حرارتی
  - افزایش FRR
  - استفاده از کمک فرایندها

موسسه اندیشه برتر میران

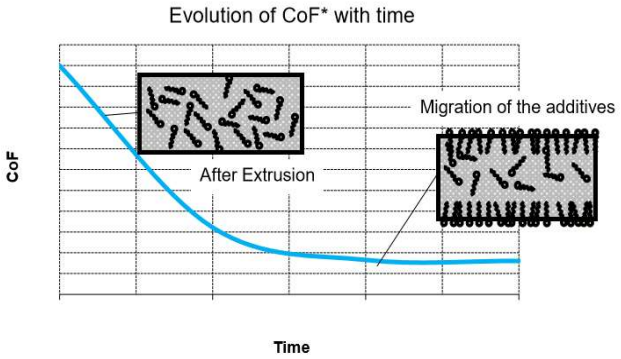
آلیاژهای پلیمری در فیلم ها

- استفاده از روش آلیاژسازی برای بهبود فرایندپذیری/خواص PE در کاربرد فیلم دمشی
  - HDPE: استحکام، قابلیت نازک شدگی
  - LLDPE: چقرمگی، قابلیت نازک شدگی
  - LDPE: فرایندپذیری، شفافیت
- HDPEهای با MFI بالاتر: بهبود فرایندپذیری، بهبود ماتی، بهبود مقاومت ضربه
- LLDPE با MFI نسبتا بالا: بهبود فرایندپذیری/بهبود قابلیت نازک شدگی، افزایش مقاومت ضربه، کاهش ماتی و بهبود شفافیت و براقیت، ولی کاهش خواص کششی
- LDPE با MFI نسبتا بالا: همان اثرات LLDPE ولی با شدت کمتر خصوصا در موضوع قابلیت نازک شدگی
- صنایع معمولا از ترکیب LDPE/LLDPE/HDPE بسته به دستگاه شکل دهی و خواص مورد نیاز از فیلم استفاده می کنند.

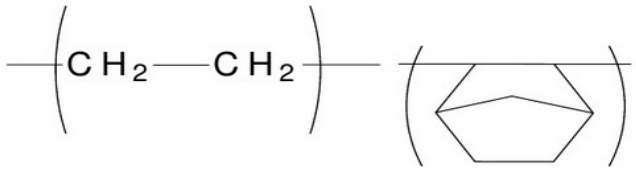
افزودنی های بکار رفته در فرایند فیلم دمشی HDPE

- پایدارکننده های حرارتی: آنتی اکسیدانت های اولیه در ترکیب با نوع ثانویه
- کمک فرایندهای فلوئوره
- بهبود دهنده/اصلاح کننده های خواص سطحی
- تقویت کننده ها/پرکننده ها: استفاده از کربنات کلسیم برای بهبود خواص کششی/حرارتی/ضربه
- رنگدانه ها

انواع عوامل لیز کننده



- 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 ۱۸ کربن) و سرعت مهاجرت به سطح آن سریع
    - اروکامید: ترکیبی با وزن مولکولی بالاتر (دنباله هیدروکربنی حاوی ۲۲ کربن) و سرعت مهاجرت آهسته.
- عوامل لیز کننده غیر مهاجر
  - این عوامل شامل مولکول هایی هستند که وزن مولکولی ۳۰ تا ۵۰ 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.



موسسه اندیشه برتر میران

کاربرد انواع عوامل لیز کننده

- اولئامید
  - مهاجرت سریع و مناسب برای فرایندهای تبدیلی بلافاصله پس از تولید فیلم (In-Line Bag Converting Operation).
  - پایداری حرارتی پایین (تا ۲۶۰ درجه) و احتمال بروز تخریب
  - تبخیر بیشتر حین فرایند و نیاز به مقدار بیشتر برای جبران
  - تأثیر منفی بر چاپ پذیری و ذوخت پذیری
- اروکامید
  - مهاجرت آهسته و مناسب برای فرایندهایی که رول فیلم قبل از فرایندهای تبدیلی خواب دارد.
  - پایداری حرارتی مناسب (تا حدود ۳۰۰ 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 زمانمندی 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

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

- 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 احتمال بروز نوسانات وزن فیلم در بخش های مختلف بیشتر

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	SiO2	Talc	CaCO3
SiO2 (%)	93	60-63	<1
MgO (%)	<1	31	<1
Fe2O3 (%)	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

ابر و بادی

* نایلون

موادی

- کمبود مواد هم‌خانواده ۰۲۰
- استفاده نابجا از گریدها

فرآیندی

- کثیفی و غیریکنواختی دمنده‌ها
- نوسانات غلطک بالابرنده
- اختلال المنت و اغتشاش کامل

ابر و بادی

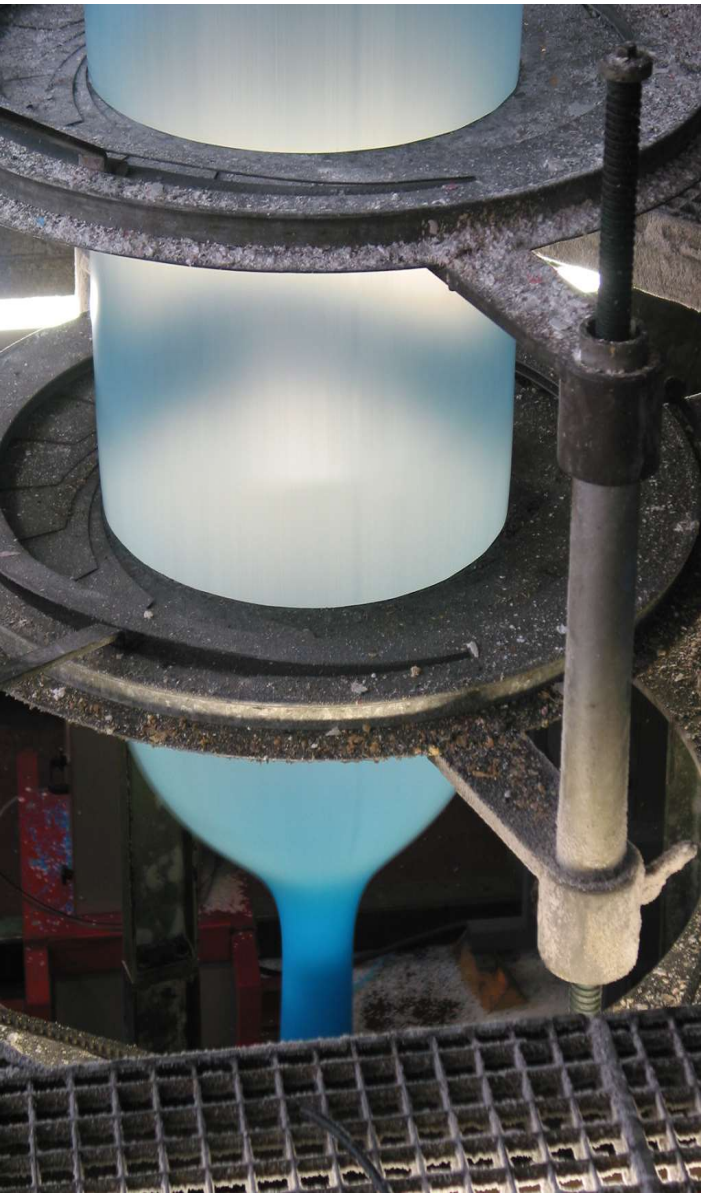
موادی

- کمبود مواد هم‌خانواده 7000F
- استفاده نابجا از گریدهای بادی

فرآیندی

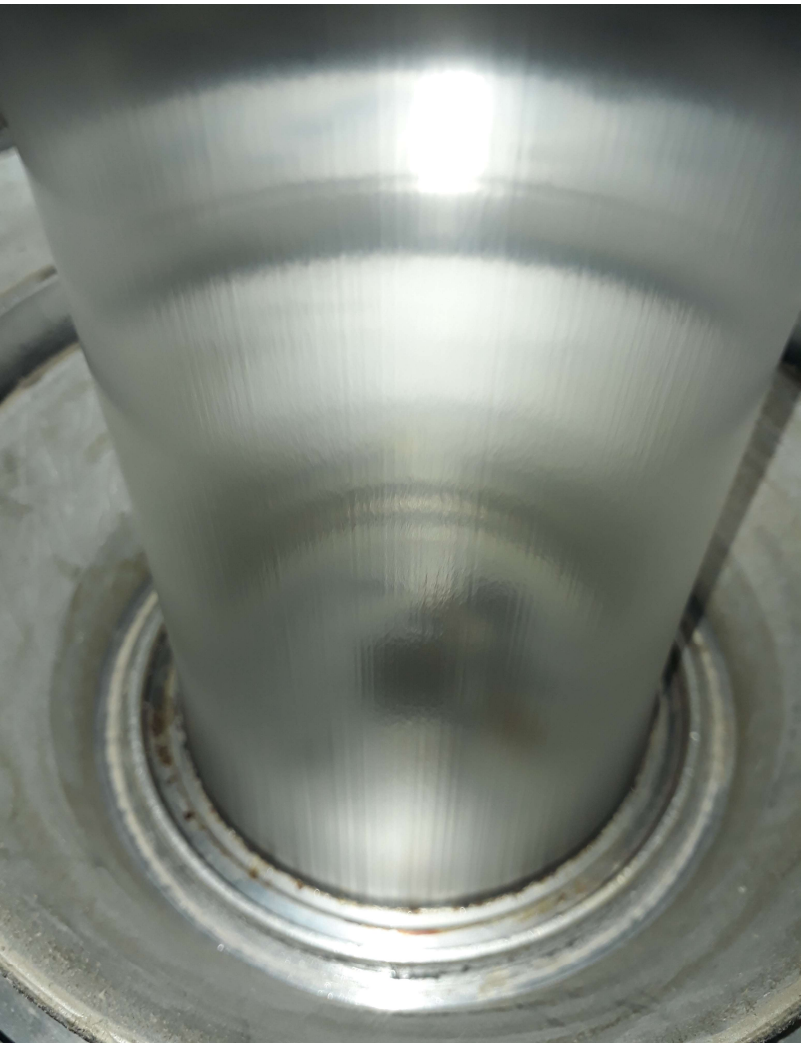
- کثیفی و غیریکنواختی دمنده‌ها
- اختلال المنت و اغتشاش کامل
- کثیفی و غیریکنواختی قالب

* نایلکس



پوست‌ماری (هاشوری)

* **نایلون**



موادی

- خیلی زیاد/خیلی کم **LLD**
- شوک موادی

فرآیندی

- دمای پائین
- تولید بالای اکسترودر- قالب
- شوک فرآیندی

موسسه اندیشه برتر میران

پوست‌ماری (هاشوری)

* **نایلکس**

موادی

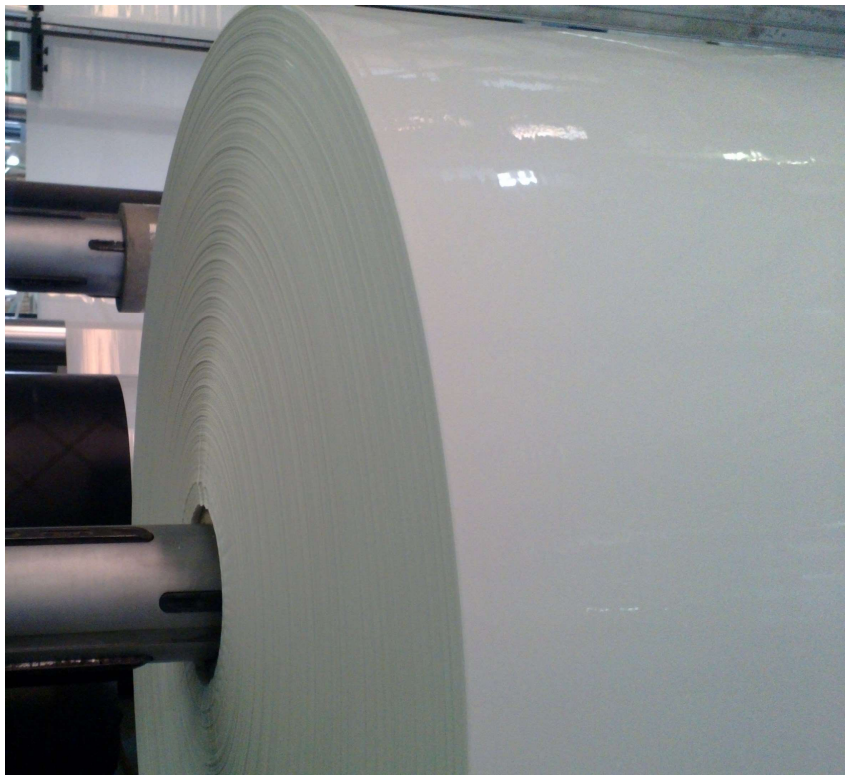
- کمی مواد هم‌خانواده 7000F
- مواد زیاد خشک و زیاد نرم
- زیادی مواد LD
- زیادی مواد بازیافتی

فرآیندی

- دمای پائین- المنت
- فرسایش مارپیچ

موسسه اندیشه برتر میران

براقیت (انعکاس سطحی)



* **نایلون**

مواد

- کمبود مواد هم‌خانواده ۰۲۰
- تناسب سبک و سبک خطی
- مواد بازیافتی

فرآیندی

- کثیفی مجرای قالب(DBU)
- دمای پائین
- ضعف دمنده‌ها

موسسه اندیشه برتر میران

براقیت (انعکاس سطحی)

* نایلکس

موادی

- کمبود مواد LD در فرمول
- مواد بادی زیاد
- مواد بازیافتی

فرآیندی

- کثیفی مجرای قالب(DBU)
- میانی نامناسب و نامتوازن
- حرارت پائین

موسسه اندیشه برتر میران

شفافیت (وضوح داخلی)

* **نایلون**

موادی

- کمبود مواد هم‌خانواده ۰۲۰
- کم بودن LD
- افزودنی‌ها

فرآیندی

- کلیه اختلالات سطحی
- دمای پائین
- ضعف دمنده و سرعت انتقال حرارت

موسسه اندیشه برتر میران

شفافیت (وضوح داخلی)

* نایلکس

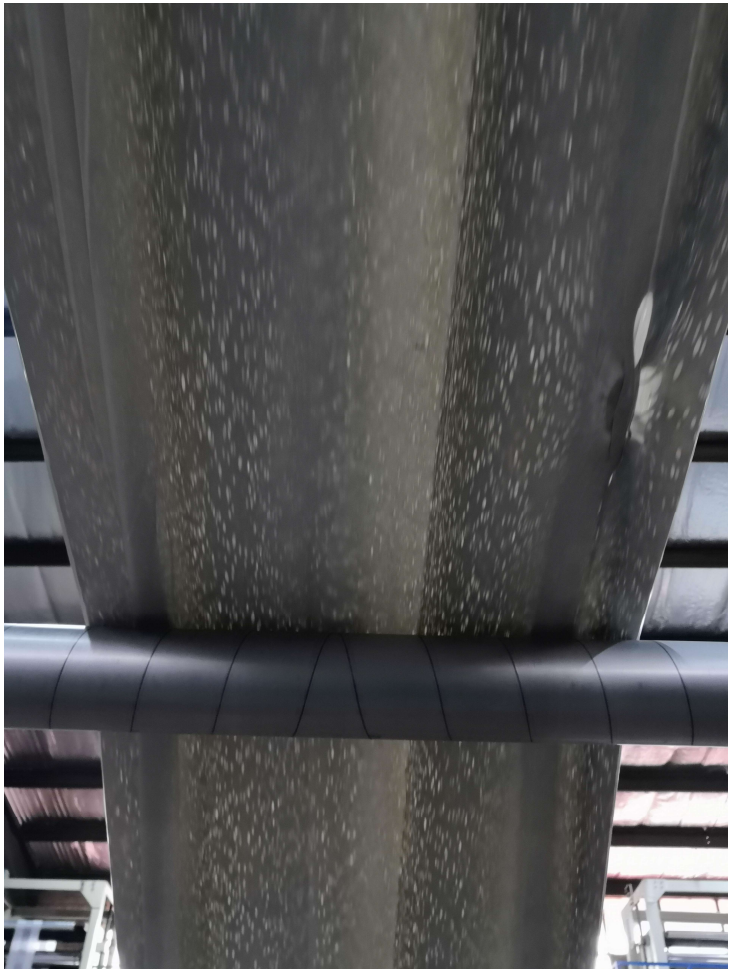
موادی

- ماهیت استخوانی
- کم بودن گرید LD
- مواد بادی زیاد
- مواد بازیافتی

فرآیندی

- کلیه اختلالات سطحی
- میانی نامناسب
- حرارت پائین

بارانی‌شدن (حباب‌دار)



* نایلون-نایلکس

موادی

- رطوبت مواد پایه
- پرکننده و مستربچ زیاد
- گرانول بازیافتی گازدار

فرآیندی

- دمای زیاد
- اکسترودر فرسوده
- نشتی روغن گیربکس

موسسه اندیشه برتر میران

دون‌زدن (ژل و چِشم ماهی)

* **نایلون-نایلکس**

موادی

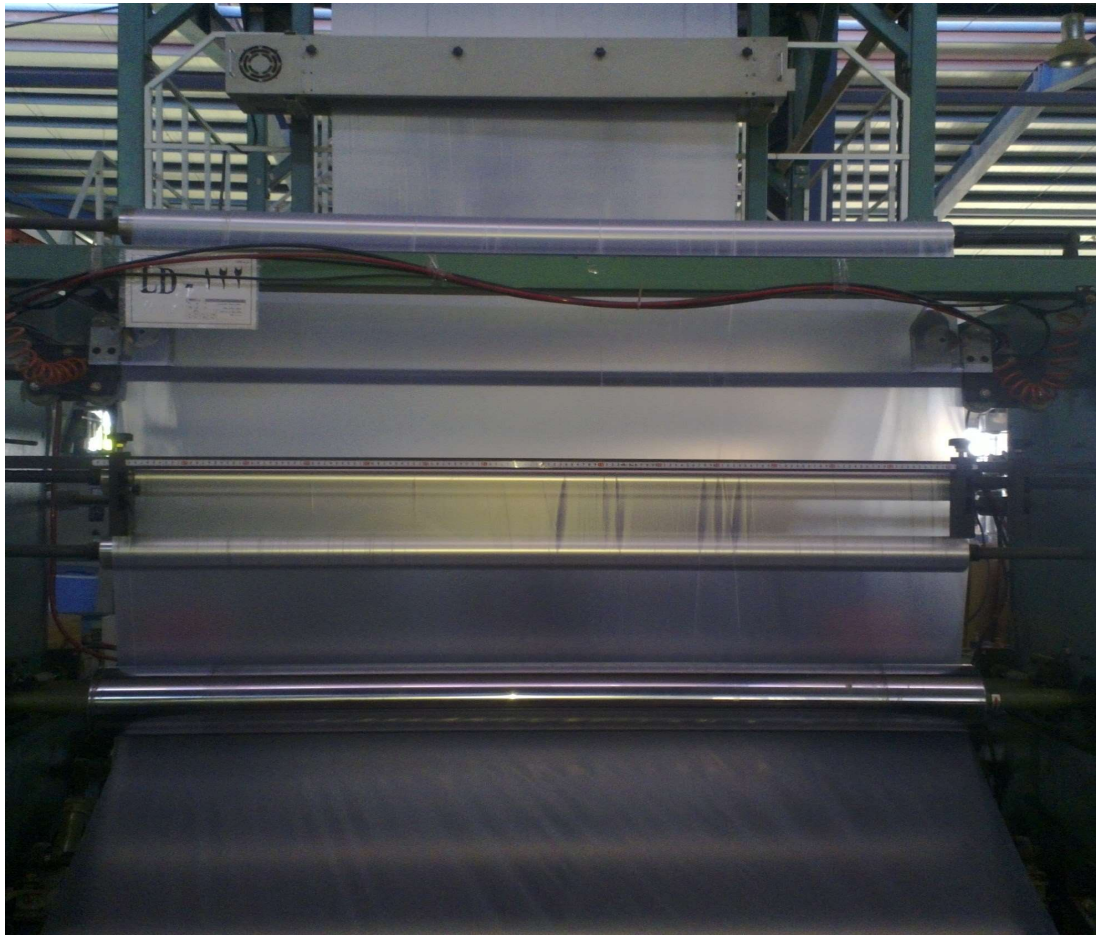
- گرید ژل‌دار نایلون
- بازیافتی، سوخته یا سرقالبی
- ناخالصی و کثیفی
- افزودنی‌های پخش‌نشده

فرآیندی

- قدرت کم یا فرسودگی مارپیچ
- عدم تخلیه اکسترودر، قالب و توری
- اختلال ترموکوپل

چروکی جنس و لبه‌ها(ناهمواری سطحی)

* نایلون-نایلکس



موادی

- گریدهای انتخابی فیلم
- تناسب سبک، سنگین، خطی

فرآیندی

- انتخاب نامناسب دستگاه-تراز غلطک‌ها
- نوسان حباب (دما-دمنده-کِشنده‌ها)
- تلرانس ضخامت
- میانی نایلکس

موسسه اندیشه برتر میران

قوز طاقه (برآمدگی)

* نایلون-نایلکس

مواد

- مواد با استحکام مذاب

فرآیندی

- کثیفی و خط قالب
- تلرانس ضخامت و آچارکشی
- کثیفی و ناهمگونی هواکش
- عدم توزیع گردشی تلرانس
- اختلال المنت‌های قالب

چسبندگی-بلوکه‌شدن-لیزخوری

* نایلون

موادی

- مواد پایه لیزخور-کم‌وکیف افزودنی
- گریدهای سبک چسبنده و تناسب

فرآیندی

- دمای بالا-تخریب-ضعف خنک‌کننده
- برج کوتاه
- فشار غلطک-کِشنده‌ها(فرم طاقه)
- باد پشت غلطک میانی

کشش-استحکام-رشد پارگی

* نایلون

موادی

- نقش گریدهای سبک و سبک خطی

فرآیندی

- نسبت دمش و کشش
- نیروی کششی و ضخامت
- قدرت هواکش

کشش-استحکام-رشد پارگی

* نایلکس

موادی

- نقش گریدهای سبک و سنگین فیلم
- حضور گریدهای غیر فیلم و بازیافتی

فرآیندی

- نسبت دمش-کشش-انجماد-میانی
- ضخامت-نیروی کششی-تغییرات نسبت‌ها
- تمیزی قالب و تلرانس ضخامت

ضربه‌پذیری (سوراخ‌شدگی)

* نایلون

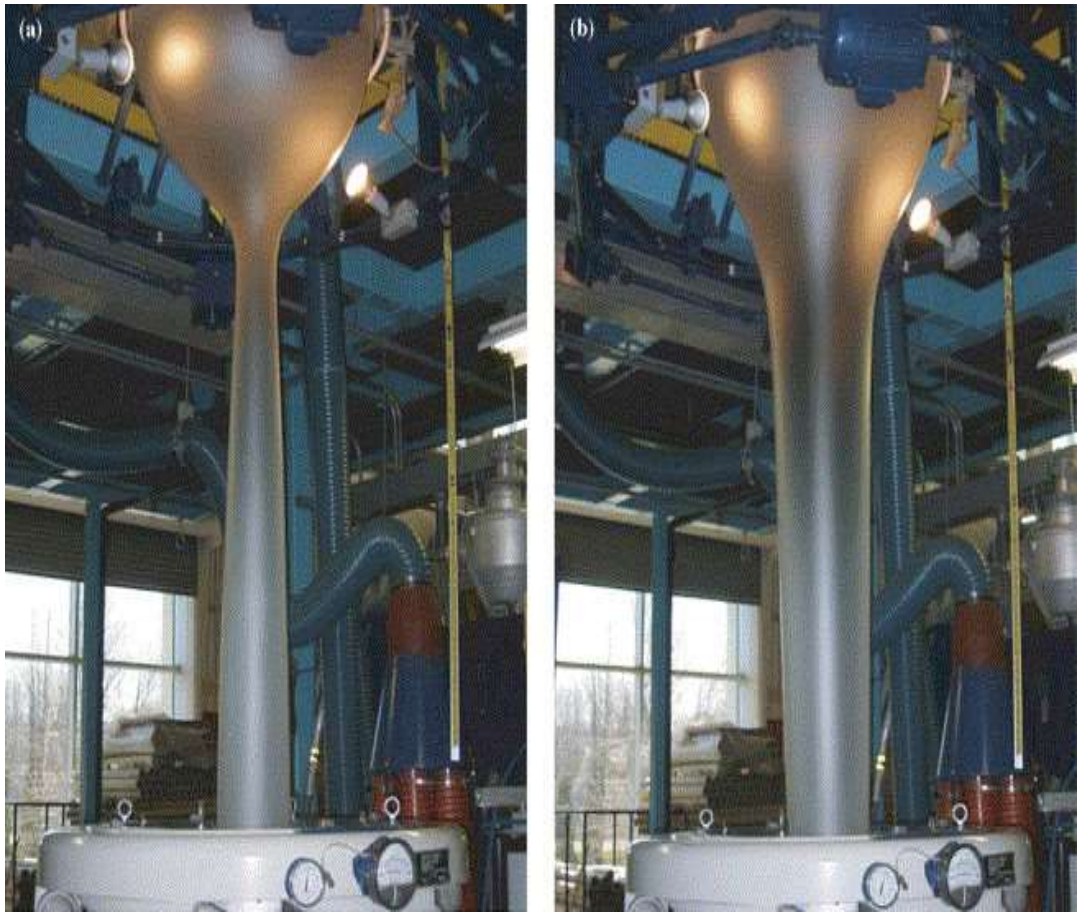
موادی

- نسبت گریدهای سبک و سبک خطی
- حضور مواد بازیافتی، افزودنی و ناخالصی

فرآیندی

- دمای پائین فرآیندی
- ناهمواری توده‌ای و قدرت اختلاط
- فشار بالای غلطک و کاست‌ها

ضربه‌پذیری (مقاومت ضربه)



* **نایلکس**

موادی

- نقش گرید سنگین فیلم
- حضور گریدهای غیر فیلم و بازیافتی

فرآیندی

- خط انجماد
- میانی و نسبت دمش عملیاتی
- تمیزی قالب و تلرانس ضخامت

استحکام دوخت (دوخت‌پذیری)

* نایلون

موادی

- نقش گریدهای سبک و سبک خطی
- دوخت‌پذیری گریدهای سبک و دما بالا
- نقش افزودنی‌ها و ناخالصی

فرآیندی

- دما-فشار-نظافت دستگاه دوخت
- دمای بالای تولید و تخریب
- فرسودگی اکسترودر

استحکام دوخت (دوخت‌پذیری)

* نایلکس

موادی

- نقش گریدهای سبک و سنگین فیلم
- تفاوت دوخت‌پذیری و استحکام گریدهای سنگین
- نقش افزودنی‌ها – ناخالصی - بازیافتی

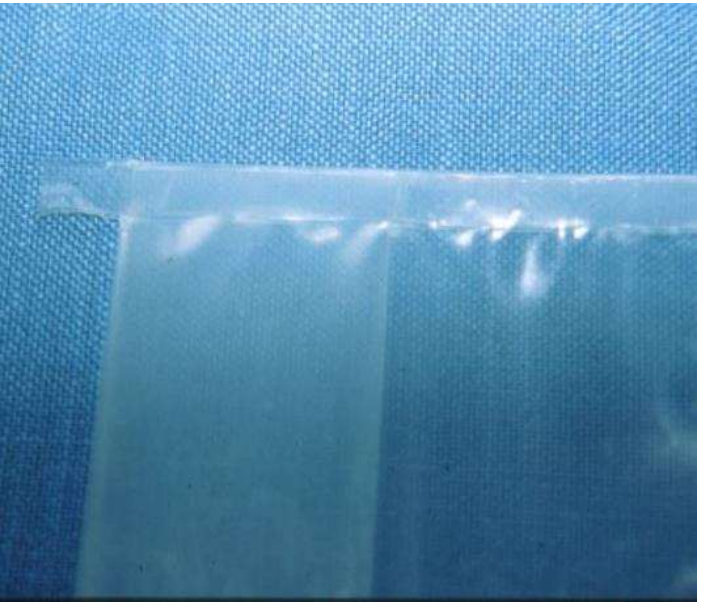
فرآیندی

- دما-فشار-نظافت دستگاه دوخت
- فرسودگی اکسترودر
- دمای بالای تولید و تخریب

آب‌بندی دوخت

مواد* نایلون-نایلکس

- نقش و نسبت گریدهای فیلم
- نقش گریدهای غیر فیلم- افزودنی‌ها – ناخالصی - بازیافتی



فرآیندی

- دما-فشار-نظافت دستگاه دوخت
- ساختار هندسی دوخت
- فرسودگی اکسترودر

شرینکیج (جمع‌شوندگی)

* نایلون

موادی

- نقش گریدهای سبک و سبک خطی
- تفاوت قابلیت شرینکیج گریدهای سبک

فرآیندی

- محدوده دمای نامناسب تونل
- نسبت دمش و کشش تولید
- تلرانس ضخامت و نوسانات تولید

پارگی رکاب (مقاومت دسته)

* نایلکس

موادی

- نقش گریدهای فیلم و ناخالصی

فرآیندی

- هندسه تیغ رکاب

-نسبت دمش و کشش و محدوده ضخامت

پرسش و پاسخ

با آرزوی توفیق و سربلندی

پایان