

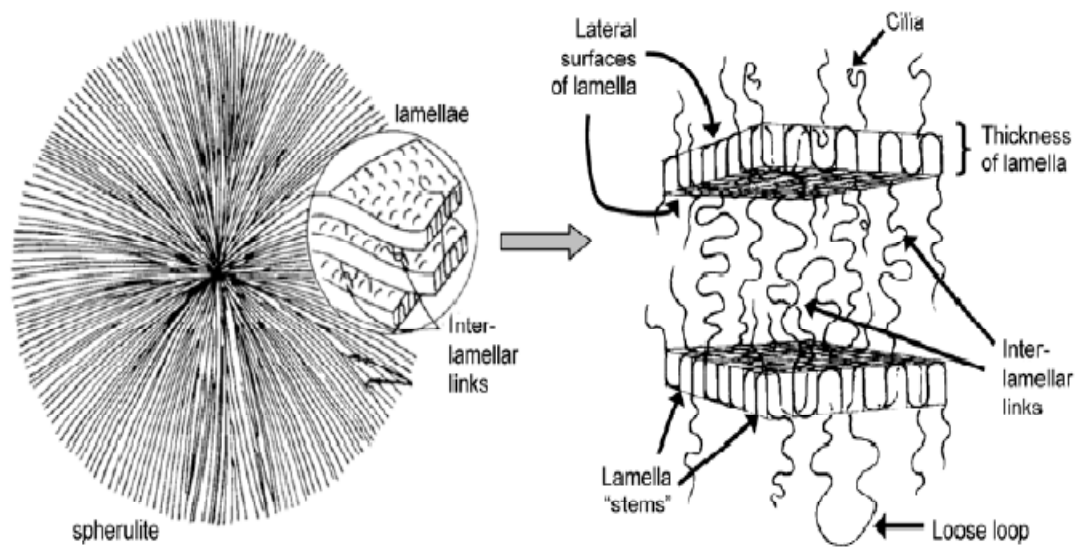


تأثیر ساختار مولکولی پلی اتیلن بر مقاومت در برابر رشد ترک ناشی از ترکیب تنش و عوامل محیطی

Environmental stress cracking resistance (ESCR)

اگر پلیمرهایی که تحت تنش مکانیکی قرار دارند در مقابل عوامل محیطی (UV، رطوبت، حرارت، حلالها، روغنها، مواد پاک کننده و ...) قرار گیرند پدیده رشد ترک یا شکست (Environmental stress cracking, ESC) اتفاق می افتد. این پدیده یکی از مهمترین عوامل شکست در پلیمرها می باشد. در فلزات به این پدیده Stress Corrosion Cracking (SCC) گفته می شود. بر اساس گزارشهای اخیر ESC علت ۲۵ درصد شکست (Failure) در پلیمرها می باشد.

پلی اتیلن یک ترموپلاستیک نیمه بلوری (Semi crystalline) است. پلی اتیلن دارای انواع مختلفی است که تفاوت آنها در متوسط وزن مولکولی (MW)، توزیع وزن مولکولی (MWD)، دانسیته، درصد بلورینگی و نوع و میزان شاخه های جانبی می باشد. این عوامل روی خواص مکانیکی و فرایندپذیری پلی اتیلن تاثیر زیادی دارند. شکل ۱ نواحی آمورف و بلوری پلی اتیلن را بر اساس مدل زنجیرهای تاشونده (Chain folding model) نشان می دهد. در پلیمرهای نیمه بلوری حضور مولکولهای در هم تنیده (Tie molecules) باعث اتصال نواحی آمورف و بلوری شده و استحکام مکانیکی پلیمر را تامین می کند.

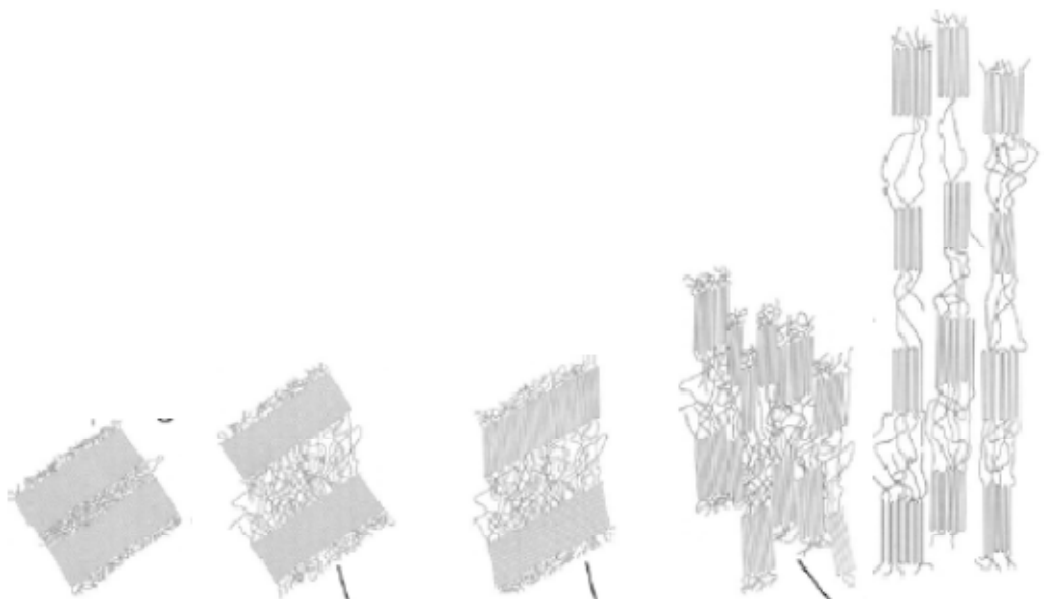


شکل ۱: نواحی آمورف و بلوری در پلی اتیلن

انواع شکست در پلی اتیلن

• شکست چقرمه (Ductile Failure)

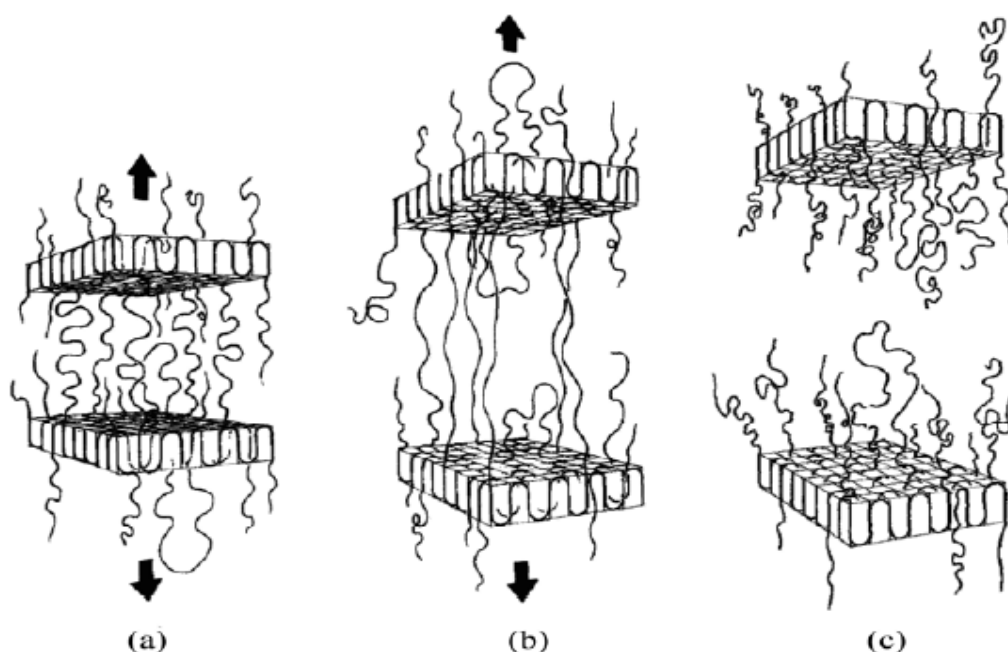
این نوع شکست در اثر اعمال مقدار زیاد تنش در زمان کوتاه اتفاق می افتد. این شکست بصورت تغییر شکل زیاد در قطعه پلیمر قابل مشاهده است. در شکل ۲ شکست چقرمه در اثر تنش کششی نشان داده شده است.



شکل ۲: تغییر شکل پلیمر در اثر تنش کششی (شکست چقرمه)

• Brittle failure

این نوع شکست بصورت جدا شدن کامل قطعه پلیمر و با تغییر شکل بسیار کم اتفاق می افتد. سطح شکست با چشم غیر مسلح صاف به نظر می رسد ولی بوسیله میکروسکوپ الکترونی سطح شکست دارای موجهای درهم دیده می شود. این شکست زمانی اتفاق می افتد که تنش کمی در مدت زمان طولانی بر قطعه وارد می شود. این نوع شکست شامل سه مرحله (a) مرحله شروع ترک، (b) مرحله رشد ترک و (c) مرحله شکست کامل می باشد (شکل ۳). شکست در اثر عوامل محیطی از نوع مکانیزم Brittle Failure می باشد.



شکل ۳: مراحل Brittle fracture

عوامل موثر بر ESC به دو دسته عوامل بیرونی (دما، رطوبت، UV، ترکیبات شیمیایی و ...) و عوامل درونی (وزن مولکولی، توزیع وزن مولکولی، دانسیته، بلورینگی و شاخه های جانبی) تقسیم می شود. در این بخش به شرح تاثیر عوامل درونی پلیمر (ساختار مولکولی) بر ESC می پردازیم:

۱- وزن مولکولی

ESCR با افزایش وزن مولکولی پلی اتیلن افزایش می یابد. با افزایش وزن مولکولی تعداد گره خوردگی ها بیشتر شده و تعداد مولکولهای در هم تنیده افزایش می یابد. بنابراین ESCR بیشتر می شود.

۲- توزیع وزن مولکولی

بطور کلی با پهن تر شدن توزیع وزن مولکولی میزان ESCR افزایش می یابد (با ثابت ماندن سایر مشخصات ساختار مولکولی پلیمر). البته تاثیر توزیع وزن مولکولی نسبت به عوامل دیگر کمتر است.

۳- شاخه های جانبی

میزان شاخه های جانبی در پلی اتیلن با دانسیته و بلورینگی آن نسبت مستقیم دارد. با افزایش شاخه های جانبی میزان گره خوردگی و درهم تنیدگی مولکولها بیشتر می شود. همانطور که ذکر شد این مولکولهای درهم تنیده استحکام بین واحدهای بلوری و آمورف را تامین می کنند. بنابراین با افزایش شاخه های جانبی، دانسیته و بلورینگی کم شده و تعداد مولکولهای درهم تنیده واقع در نواحی آمورف بین واحدهای کریستالی زیاد می شود و به دنبال آن ESCR افزایش می یابد. همچنین با بزرگتر شدن شاخه های جانبی میزان ESCR بیشتر می شود زیرا احتمال تشکیل مولکولهای درهم تنیده افزایش می یابد.

۴- سایر موارد

شبکه ای کردن پلی اتیلن ESCR آن را افزایش می دهد. شبکه ای کردن وزن مولکولی را بیشتر کرده و استحکام افزایش می یابد. وجود حفره های خالی در ساختار پلیمر باعث کاهش ESCR می شود. این حفره ها بصورت نقاط تمرکز تنش عمل کرده و استحکام پلیمر را کاهش می دهند. عواملی دیگری مانند نوع کاتالیست، تنش های باقی مانده (Residual stress) و نحوه توزیع شاخه های جانبی روی ESCR موثر هستند.