

تهیه فیلمهای سد نفوذ اکسیژن بر پایه پلی اتیلن سبک و سبک خطی

Preparation of Oxygen Barrier Films Based on LDPE and LLDPE

محمد حسین نوید فامیلی^۱، محمود محرب زاده^۲، سیف‌الله فرجی^۱

۱- نفاطع بزرگراه‌های چمران و جلال آل احمد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، گروه پلیمر ۲- کیلومتر ۱۵ اتوبان تهران - کرج، بلوار پژوهش، پژوهشگاه پلیمر ایران

حکیمہ

در این پژوهش، بافت و خواص سد نفوذ آمیزه‌های شامل EVOH (به عنوان سد نفوذ اکسیژن) و LDPE در LLDPE همراه با سازگار کننده LLD-g-MA بررسی شده است، تا مدلی با خواص سد نفوذی قابل قبول برای جایگزینی فیلمهای پنج لایه ارائه شود. بدین منظور آمیزه‌ها به کمک یک اکسترودر دو چیجه تهیه و با یک پرس هیدرولیک، بافت نسبتاً لایه‌ای از فاز پراکنده EVOH ایجاد می‌شود. این لایه‌های EVOH همانند سدهای پنج در پیچ در نتیجه خواص سد نفوذی اکسیژن عمل کرده و مسیر و زمان عبور این مولکولها را از فلم طولانی می‌کنند، در نتیجه خواص سد نفوذی فیلم آمیزه بهتر می‌شود. آمیزه‌ها دارای مقادیر معنی‌افزای بکار رفته در فیلم پنج لایه (بجز مواد رنگی) با مقادیر متفاوت از سازگار کننده بودند. سپس، فیلم آمیزه‌ها ایجاد و سرعت عبور اکسیژن از آنها اندازه گیری شد و این سرعت‌های عبور به شکل ضربی سد نفوذ (نسبت سرعت عبور از فیلم پلی اتیلن سه لایه به سرعت عبور از آمیزه) گزارش شدند. بدین ترتیب، مقادیر ۰.۳phr از سازگار کننده که ضربی سد نفوذ حدود ۶/۵ را ایجاد کرد به عنوان مقدار بهینه بدست آمد، که فیلم مربوط به آن دارای بافت نسبتاً لایه‌ای بود. همچنین، آمیزه‌هایی از ضایعات فیلمهای پنج لایه تهیه و ضربی سد نفوذی آنها اندازه گیری شد. آمیزه‌هایی نیز از PVOH (سد نفوذ اکسیژن) و LLD-g-MA (سد نفوذ اکسیژن) و سازگار کننده تهیه شد که به علت خواص فرایندی ضعیف PVOH، آمیزه‌ها خواص همگنی و سازگاری خوبی نداشته و فیلمهای تهیه شده بافت دانه‌های داشتند. در نتیجه، نتایج آزمایش‌های سرعت عبور اکسیژن آنها به دلیل شکنندگی ذرات جامد PVOH موجود در فیلمها و چسبندگی کم بین آنها و فاز پایه (LLDPE) قابل قبول نبود. همچنین، آمیزه‌هایی نیز شامل دی‌کومیل پروکسید، مالیک ایندیرید، LLDPE و PVOH از طریق آبیزه‌سازی واکنشی تهیه شد که دارای بافت دانه‌ای از ذرات PVOH بود.

از های کلیدی: فلم، یه اند، سک خط، یه اند، سک، اند، و ندا، الکا، ضم ب سد نفوذ

Key Words: film, LLDPE, LDPE, EVOH, barrier coefficient

وینیل الکل (EVOH) از بهترین سدها در برابر نفوذ اکسیژن است. این ماده در بسته‌بندی‌های چندلا� به شکل فیلم به عنوان سد نفوذ اکسیژن بکار می‌رود [۱]، سیستمهای آمیزه‌ای در برابر سیستمهای چند لایه انتخاب دیگری است [۲]، بدین ترتیب که پلیمرهای نفوذپذیر در برابر EVOH اکسیژن مانند پلی‌بر و پلی‌اتیلن را مادر سد نفوذ همچون

هم اکتون مواد پلاستیکی بطور وسیعی جایگزین فلز و شیشه در صنایع پسته‌بندی شده‌اند. یکی از ویژگیهای مهم برخی از پلاستیکها خواص سد نفوذی آنها در همان تنفذگازها و بخارات است. در این میان، اتلن

و چسب $10\text{ }\mu\text{m}$ و دو لایه از آمیزه‌های $(70/30)$ LLDPE/LDPE و بین این دو لایه با لایه وسط، یعنی EVOH (LLD-g-MA) که دارای مقادیر جزئی دوده است. ضخامت $4\text{ }\mu\text{m}$ (به جز EVOH) حدود $90\text{ }\mu\text{m}$ است. فیلمهای سه لایه شامل سه لایه پلی‌اتیلن از آمیزه‌های LLDPE/LDPE ($70/30$) است که ضخامت فیلم سه لایه حدود $90\text{ }\mu\text{m}$ است.

جدول ۱ - ترکیب آمیزه‌ها.

نوع آمیزه	LLDPE (درصد وزنی)	LDPE (درصد وزنی)	EVOH (درصد وزنی)	LLD-g-MA (phr)
۱	۶۱/۶	۲۶/۴	۱۲	۰
۲	۶۱/۶	۲۶/۴	۱۲	۱
۳	۶۱/۶	۲۶/۴	۱۲	۳
۴	۶۱/۶	۲۶/۴	۱۲	۶

روشها

تهیه آمیزه‌ها و فیلمها

الف - آمیزه‌های شامل EVOH، LLD-g-MA، LDPE و LLDPE برای تهیه این آمیزه‌ها از یک اکسترودر دوپیچه آزمایشگاهی استفاده شد. برای تهیه فیلم از آمیزه‌ها یک دستگاه پرس هیدرولیک بکار گرفته شد. اکسترودر در 20 rpm و دمای 20°C تنظیم شد. همچنین، دمای پرس در دو دمای 200°C و 240°C و ضخامت فیلمهای تولیدی $80\text{ }\mu\text{m}$ تا $90\text{ }\mu\text{m}$ است که با فشار پرس 60 بار تولید شده‌اند. ترکیب آمیزه‌ها در جدول ۱ آمده است. مقادیر مواد براساس درصد آنها در فیلم پنج لایه انتخاب شده است.

ب - آمیزه‌های شامل ضایعات پلاستیکهای پنج لایه: برای تهیه این آمیزه‌ها از همان اکسترودر دوپیچه استفاده شد. دمای اکسترودر در 220°C و دستگاه در دورهای 20 و 40 rpm تنظیم شد. فیلمها نیز به وسیله پرس هیدرولیک در دمای 200°C و 240°C و فشار 60 بار تهیه شدند.

ج - آمیزه‌های شامل LLD-g-MA، LLDPE و PVOH: این آمیزه‌ها در یک مخلوط‌کن داخلی ناپوسته تهیه شدند، دور مخلوط‌کن در 30 rpm و دمای آن در 150°C به مدت 15 دقیقه تنظیم شد. برای تهیه فیلم از پرس هیدرولیک در دمای 160°C و فشار 100 بار استفاده شد [۱۱]. در جدول ۲ ترکیب آمیزه‌ها آمده است.

د - آمیزه واکنشی شامل PVOH (20 درصد وزنی), LLDPE ($77/8$) درصد، DCP (۲ درصد) و MA (۲ درصد): این آمیزه در همان مخلوط‌کن داخلی ناپوسته تهیه شد. دمای اولیه 140°C و دور مخلوط‌کن 25 rpm تنظیم شد. فیلم این آمیزه نیز به کمک پرس

جدول ۲ - ترکیب آمیزه‌ها.

نوع آمیزه	PVOH (درصد وزنی)	LLDPE (درصد وزنی)	LLD-g-MAH (درصد وزنی)
۱	۲۰	۸۰	۰
۲	۲۰	۷۵	۵
۳	۲۰	۷۰	۱۰
۴	۲۰	۵۰	۳۰

و PA آمیزه‌سازی می‌کنند [۳-۸]، رفتار نهایی آمیزه‌ها بستگی به اندازه لایه‌های فاز پراکنده (ماده سد نفوذ) دارد. ماده دیگری که بهترین سد نفوذ اکسیژن بشمار می‌رود، پلی‌وینیل الکل (PVOH) است [۹] که خواص فرایندی بسیار ضعیفی دارد و بطور کلی به تهابی قابل ذوب شدن نیست. این ماده به دلیل داشتن جاذبه‌های قوی بین مولکولی، قبل از اینکه به دمای ذوب برسد تخریب می‌شود. قابلیت فراورش این ماده با آمیزه‌سازی واکنشی و غیر واکنشی با گرم‌آرامها بهتر می‌شود [۱۰، ۱۱].

تجربی

مواد

مواد مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از: پلی‌اتیلن سبک (LDPE)، MFI= $0/75\text{ g}/10\text{ min}$ و NA-۴۶۲، POLIRAN-LH $0/75\text{ g}/10\text{ min}$ و $d=0/919\text{ g/cm}^3$ از پتروشیمی بندر امام. پلی‌اتیلن سبک خطی IRAPOL $33-0/2009AA$ (LLDPE) $d=0/92\text{ g/cm}^3$ و $MFI=0/9\text{ g}/10\text{ min}$ و $d=0/91\text{ g/cm}^3$ از پتروشیمی اراک. اتیلن وینیل الکل (EVOH) $Tg=55^\circ\text{C}$ با $44\text{ g}/151\text{ min}$ درصد مولی اتیلن، $d=1/14\text{ g/cc}$, MFI= $1/7\text{ g}/10\text{ min}$, $Tm=165^\circ\text{C}$ و $d=0/91\text{ g/cm}^3$ از شرکت میتسوبیشی ژاپن. پلی‌وینیل الکل (PVOH) GH-۱۷ $86-89\text{ g}/100\text{ min}$ درصد هیدرولیز و با درجه پلیمر شدن $1700-2100$ از شرکت نیون ژاپن.

پلاستیکهای پنج لایه و سه لایه تولید شده در کارخانه فیلم پلاستیک صنایع شیر ایران. مائیک ایندرید (MA) با خلوص 99 درصد و دی‌کومیل پروکسید (DCP) با خلوص 98 درصد از شرکت مرک آلمان: فیلمهای پنج لایه شامل یک لایه EVOH به ضخامت

$$\frac{P_{\text{سد}}}{P_{\text{آبزه}}} = \frac{\Delta p_1 / \Delta t}{\Delta p_2 / \Delta t} \cdot \frac{L_{\text{سد}}}{L_{\text{آبزه}}} \quad (4)$$

از معادله زیر نیز می‌توان استفاده کرد:

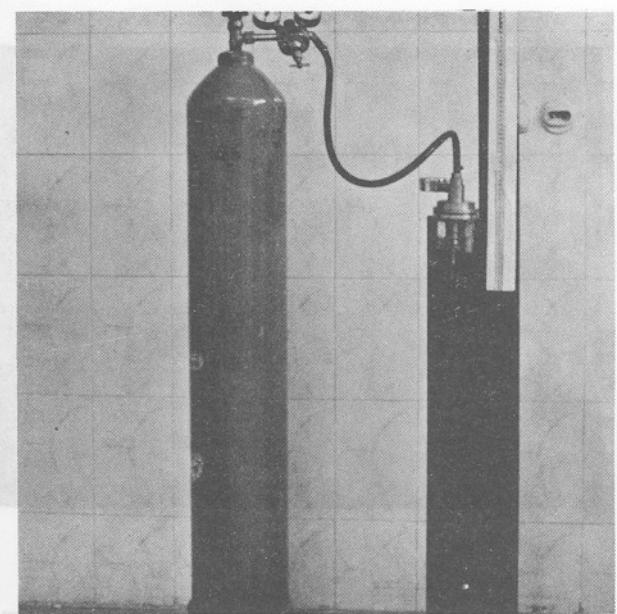
$$\frac{P_{\text{سد}}}{P_{\text{آبزه}}} = \frac{(V / \Delta t) L_{\text{سد}} (\Delta p)}{(V / \Delta t) L_{\text{آبزه}} (\Delta p)} \quad (5)$$

در این معادله‌ها V حجم گاز عبوری (cm^3), Δt زمان (s), L حجم محظوظه پایینی فیلم ($11 / 7 \text{ cm}^3$), Δp ضخامت فیلم (cm), S سطح مؤثر فیلم (cm^2) و T دمای آزمایش (30°K) است. همچنین, θ زمان تاخیر (s), Δp اختلاف فشار بالا و پایین فیلم (cmHg) و Δp_2 افزایش فشار در قسمت پایین فیلم در زمان Δt , ($\Delta p / \Delta t$) شبیه قسمت خطی منحنیهای نفوذ (cmHg/s), P سرعت عبور یا ضریب سرعت عبور اکسیژن ($\text{cm}^3 \text{ cm}/(\text{cm}^3 \text{ s cmHg})$) و D ضریب نفوذ (cm^3/s) و S انحلال پذیری ($\text{cm}^3/\text{cm}^3 \text{ cmHg}$) است. از هر دو معادله ضریب سد نفوذ می‌توان استفاده کرد.

برای تبدیل واحد شبیه قسمت خطی در منحنیها از ($\text{cmH}_2\text{O}/\text{min}$) به (cmHg/s) باید شبیه بدست آمده را به ۸۱۶ تقسیم کرد.

نتایج و بحث

اثر سازگارکننده LLD-g-MA، EVOH و LDPE و آمیزه‌های شامل سازگار کننده قطر ذرات فاز پراکنده (EVOH) پیش از ایجاد افزایش سازگار کننده قطر ذرات فاز پراکنده (EVOH) با ایجاد فیلم کوچکتر می‌شود، در نتیجه پس از عملیات پرس و تئیه فیلم از آمیزه‌ها بنظر می‌رسد که اندازه لایه‌های ایجاد شده از فاز پراکنده در آمیزه‌های شامل سازگار کننده بیشتر، باید کوچکتر شود، اما این طور نیست. در واقع، هرچند با افزایش مقدار سازگار کننده، اندازه ذرات کروی EVOH قبل از عملیات پرس کوچکتر می‌شود، ولی در حین عملیات پرس (تئیه فیلم)، در آمیزه‌هایی که سازگار کننده بیشتری دارند کشیده شدن ذرات EVOH و لایه‌ای شدن آنها بیشتر است. زیرا، مولکولهای سازگار کننده موجود در سطح مشترک دو فاز مانند پل عمل کرده و تشن وارد بر فاز پایه را به فاز پراکنده (EVOH) منتقل می‌کند، در نتیجه فاز پراکنده کشیده‌تر می‌شود. از آنجا که لایه‌های کشیده EVOH در فاز پایه (پلی‌اتلن) مانند سدهای پیچ در پیچ در برابر نفوذ مولکولهای اکسیژن عمل می‌کند، بنابراین خواص سد نفوذی آمیزه‌ها در برابر نفوذ افزایش می‌یابد. در نتیجه، مقدار بهینه‌ای برای سازگار کننده وجود دارد. همان‌طور که در عکس‌های میکروسکوپ نوری از بافت فیلمها (شکل ۲) دیده می‌شود، این مقدار بهینه در دمای پرس 20°C



شکل ۱ - دستگاه اندازه گیری عبور گاز از فیلمها.

هیدرولیک در دمای 160°C و فشار ۱۰۰ بار تهیه شد [۱۱].

تجزیه و تحلیل بافتها

بافت فیلمهای تولیدی از آمیزه‌های نوع ۱ در بخش پیش به وسیله عکس‌های تهیه شده از میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و از بافت فیلمهای تولیدی از آمیزه‌های نوع ۳ و ۴ در بخش پیشین عکس‌های معمولی تهیه شد [۱۲].

اندازه گیری سرعت عبور گاز

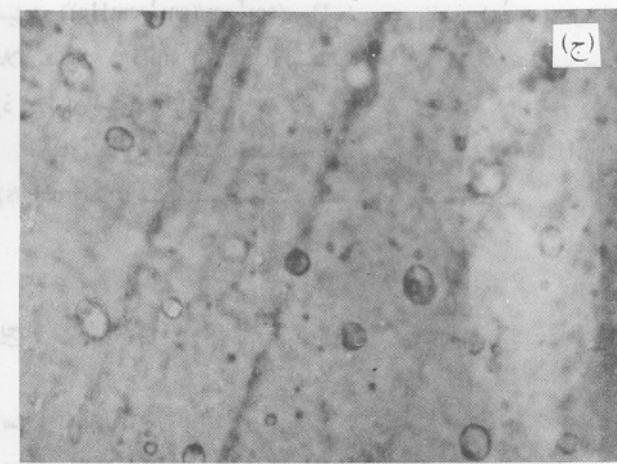
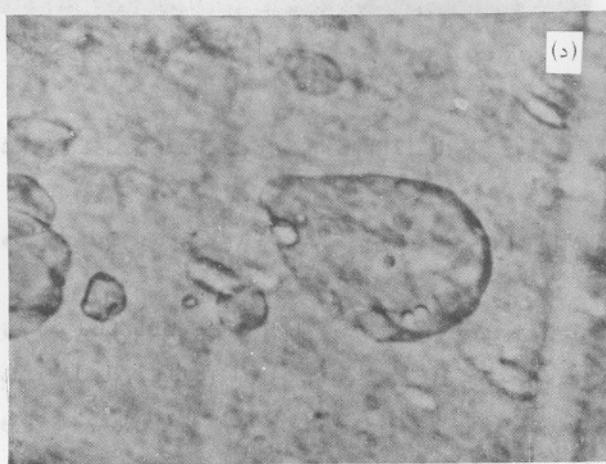
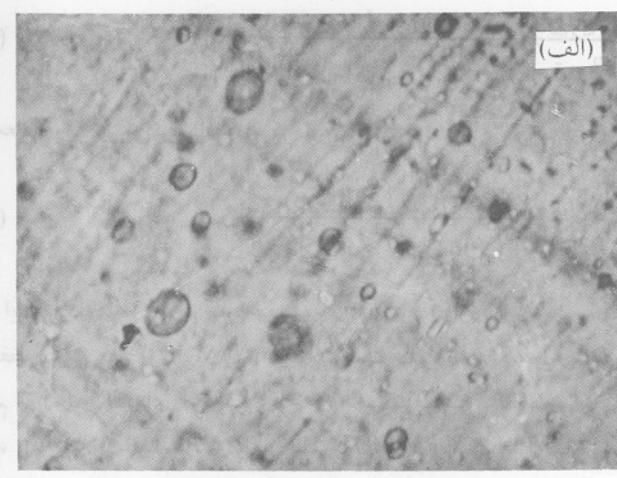
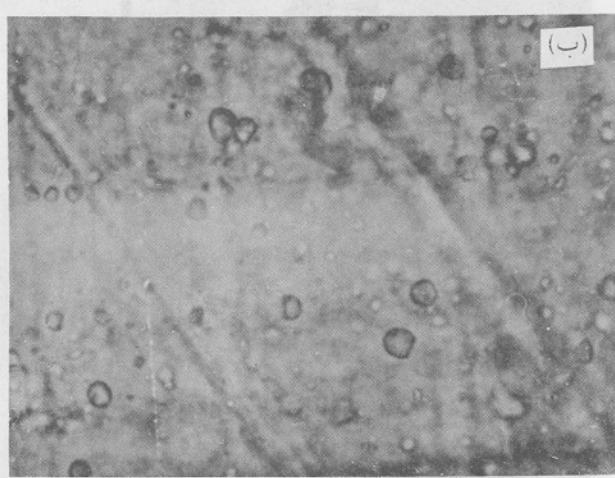
سرعت عبور اکسیژن از فیلمهای تهیه شده به وسیله یک دستگاه اندازه گیری سرعت عبور اکسیژن معین شد که این کار با ایجاد فشار مثبت در یک طرف و اندازه گیری افزایش فشار در طرف دیگر فیلم با یک ستون آب عملی شد (شکل ۱). در ضمن، آزمایشهای نفوذ در دمای 30°K انجام شد.

معادله‌های مورد استفاده بین ترتیب است [۱۲]:

$$P = \frac{VL}{\Delta t S \Delta p} \quad (1)$$

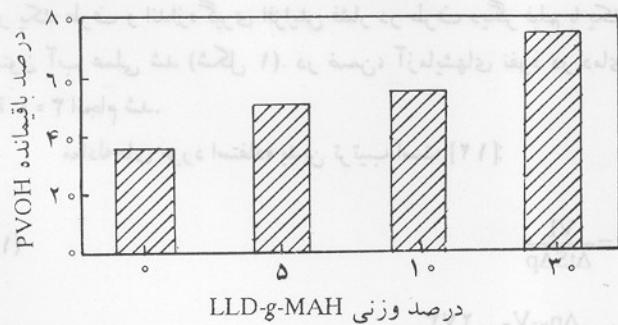
$$V = \left(\frac{\Delta p_2 - V_1}{T} \right) \frac{273}{76} \quad (2)$$

$$D = L^2 / (6\theta) \quad S = P/D \quad (3)$$



شکل ۲ - عکس‌های میکروسکوپی نوری آمیزه‌های شامل EVOH، LLD-g-MA، LDPE با مقادیر متفاوت (الف) ۰ phr، (ب) ۱ phr، (ج) ۳ phr و (د) ۶ phr.

می‌دهد. پس از چهار روز که نمونه‌ها کاملاً خشک شدند، نمونه‌ها وزن

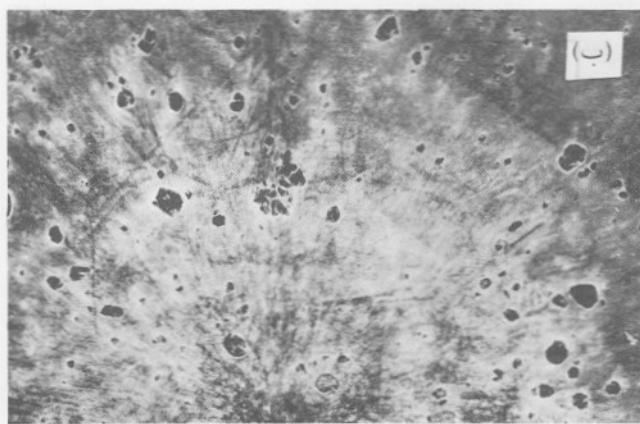


شکل ۳ - نمودار ستونی درصد PVOH باقیمانده برحسب درصد وزنی سازگار کننده.

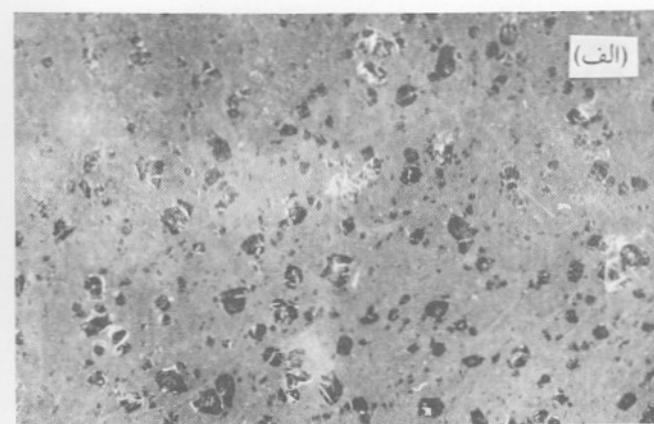
که باعث ایجاد لایه‌ایی از EVOH به طول حدود $10.0\text{ }\mu\text{m}$ می‌شود، ۳ phr از سازگار کننده است. یادآور می‌شود که بافت ایجاد شده در فیلم دارای ۳ phr از سازگار کننده نسبت به بافت ایجاد شده در فیلمهای دارای مقادیر دیگر سازگار کننده لایه‌ای تر است ولی بافت کاملاً لایه‌ای و کشیده شده بدست نیامده است.

آمیزه‌های شامل PVOH

آزمایشی در مورد سازگاری آمیزه‌ها انجام شد و آن جوشاندن نمونه‌های آمیزه‌ها (که در آنها ۲۰ درصد وزنی PVOH و درصد وزنی LLD-g-MA و LLDPE متغیر است) در آب به مدت یک ساعت بود. با توجه به اینکه PVOH در آب داغ بخوبی حل می‌شود، در نتیجه نمونه‌ای که کمتر سازگار شده است PVOH بیشتری را از دست



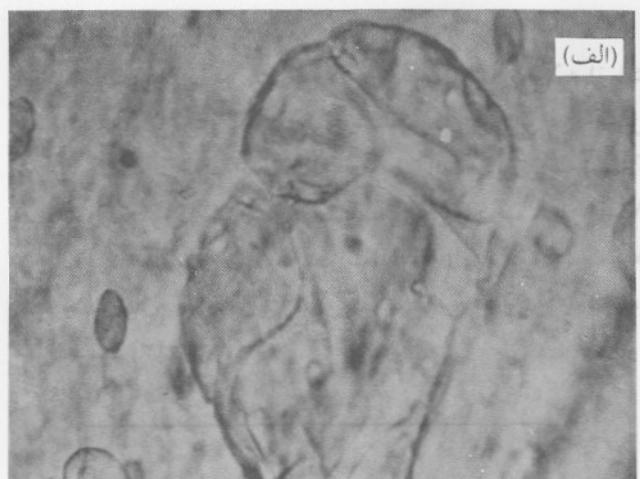
(ب)



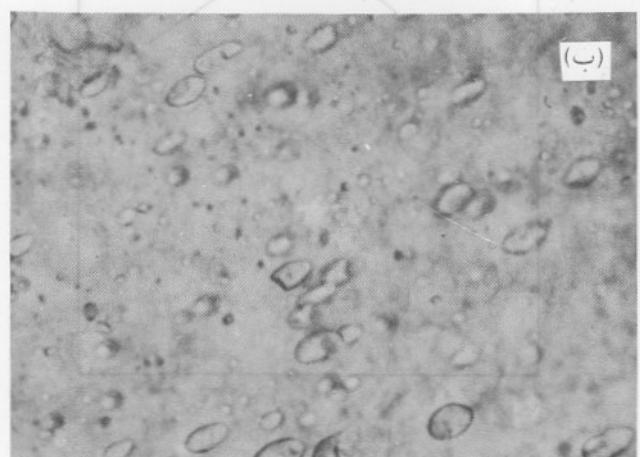
(الف)

شکل ۴- عکس بافت فیلم: (الف) بدون سازگار کننده و (ب) با ۱۵ درصد وزنی سازگار کننده.

شده از آمیزه اخیر در دو دمای ۲۰۰ و ۲۴۰°C دیده می شود. این اثر



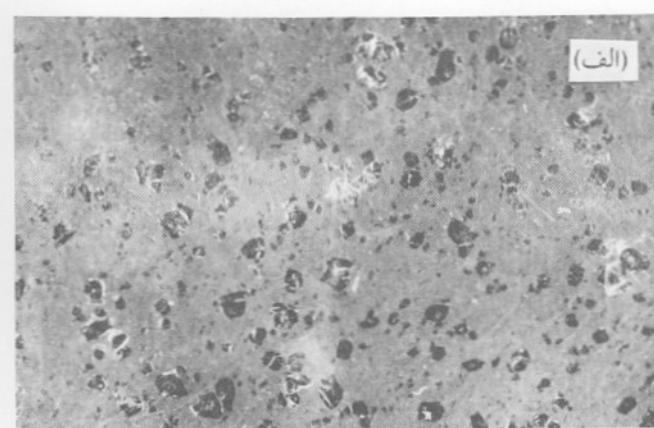
(الف)



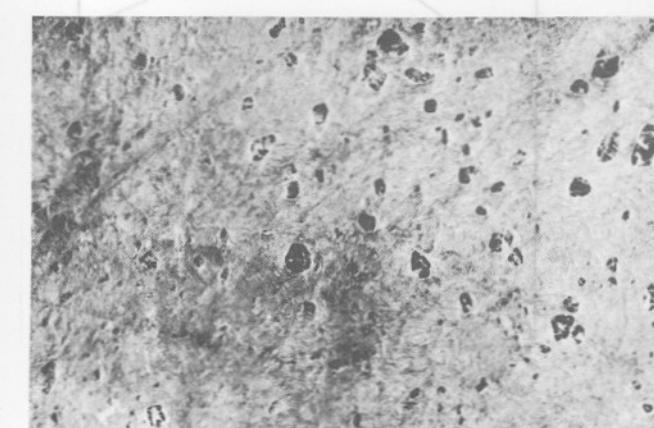
(ب)

شکل ۶- عکس های میکروسکوپی نوری تیهه شده از آمیزه با ۳phr سازگار کننده در دو دمای پرس: (الف) ۲۰۰°C و (ب) ۲۴۰°C.

پس از تیهه فیلم نمونه ها مشاهده شد که بافت فیلمها دانه دانه می شود (شکل ۴). در همه نمونه ها بافت فیلم آمیزه دانه دانه است. این موضوع در نمونه ای، که از روش واکنشی تیهه شده است، نیز به چشم می خورد (شکل ۵). اثر دمای عملیات پرس در مورد نمونه های شامل LLDPE, LDPE, EVOH, LLD-g-MA و ۳phr افزایش دمای عملیات پرس باعث می شود که نمونه شامل سازگار کننده بافت لایه ای خود را از دست بدهد که این موضوع به دلیل دور شدن تسبیت گرانزوی فاز پراکنده به فاز پایه از یک است. در عکس های میکروسکوپ نوری (شکل های ۶ الف و ب)، فیلمهای تیهه



(الف)

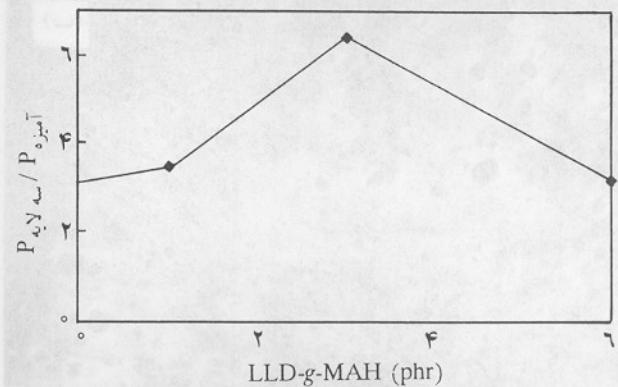


شکل ۵- عکس بافت فیلم شامل PVOH که از روش واکنشی تولید شده است.

خواص سد نفوذی در برابر اکسیژن

سرعت عبور اکسیژن از آمیزه‌های مختلف اندازه‌گیری شده و به شکل ضریب سد نفوذ (سرعت عبور اکسیژن از پلی‌اتیلن سه لایه به سرعت عبور اکسیژن از آمیزه) گزارش شده است. برای بدست آوردن ضریب سد نفوذ هر آمیزه، منحنی افزایش فشار بر حسب زمان در محفظه پایینی فیلم نمونه رسم و شبی قسمت خطی آن در معادله مربوط در بخش اندازه‌گیری عبور گاز وارد شده است که بدین ترتیب ضریب سد نفوذ (آمیزه/P₀) بدست می‌آید. همچنین، زمان تاخیر که عبارت است از زمان لازم برای خطفی شدن شبی منحنی افزایش فشار، برای آمیزه‌های شامل LDPE, EVOH, LLD-g-MA و LLDPE بدست آمده است. ضریب سد نفوذ نمونه‌ها بر حسب مقدار سازگار کننده در در آمیزه در شکل ۷ آمده است. در ضمن، سرعت عبور (P) از فیلم سه لایه پلی‌اتیلنی cm³/cm²s cmHg⁻¹ × 10⁻¹¹ و سرعت عبور از فیلم پنج لایه (دارای ۱۲ درصد وزنی EVOH) cm³/cm²s cmHg⁻¹ × 10⁻¹² اندازه‌گیری شده است.

همان طور که از شکل ۷ می‌توان دریافت، مقدار بهینه سازگار کننده ۳ phr است که با توجه به نتایج بافت آمیزه‌ها (در بخش اثر سازگار کننده) این نتیجه صحیح است. مقدار ضریب سد نفوذ در آمیزه ۳ phr سازگار کننده، ۶/۴ است. با استفاده از مقادیر زمان تاخیر که از منحنیهای افزایش فشار بدست می‌آید و معادله‌های موجود در بخش اندازه‌گیری سرعت عبور گاز، مقادیر ضریب سد نفوذ (D) و ضریب انحلال پذیری (S) نیز بدست می‌آید، که این مقادیر نیز نسبت به پلی‌اتیلن سه لایه گزارش شده است (شکل ۸).

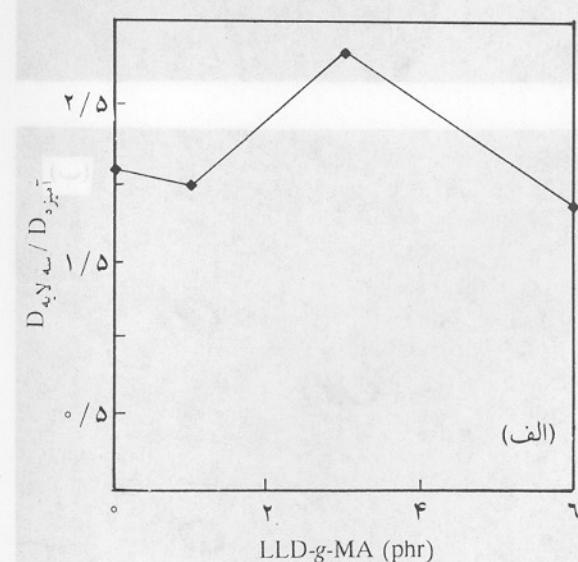
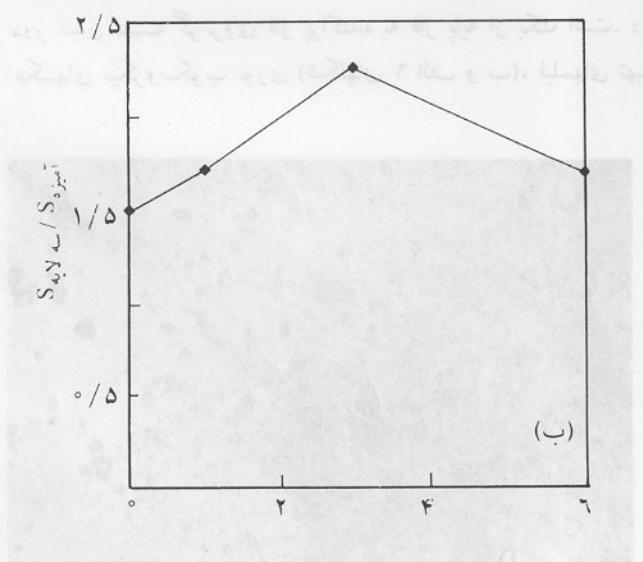


شکل ۷- ضرایب سد نفوذ نمونه‌ها بر حسب مقدار سازگار کننده در آمیزه (دما پرس ۲۰۰ ° است).

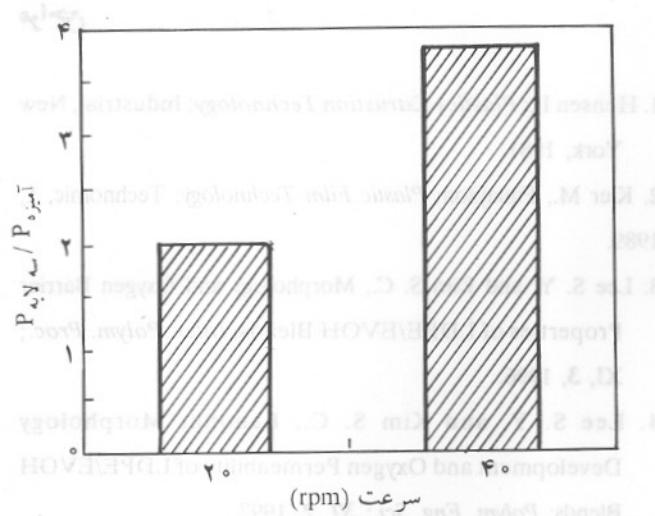
در مورد نمونه‌های بدست آمده از ضایعات فیلم پنج لایه نیز وجود دارد.

اثر سرعت دور اکستروودر

این عامل فقط در مورد آمیزه‌های تهیه شده از ضایعات فیلم پنج لایه آزمایش شده است که در بخش بررسی سد نفوذ خواص سد نفوذی در برابر نفوذ آمیزه EVOH به آن پرداخته می‌شود. اما، اثر این عامل بر بافت بدین ترتیب است که هرچه دوراکستر و دریشتر شود، فرصت کمتری برای ذوب کامل EVOH وجود خواهد داشت. در نتیجه، ذرات EVOH زیاد کوچک نخواهد شد و لایه‌های EVOH پس از عملیات پرس، بزرگتر و کشیده‌تر خواهند بود [۳].



شکل ۸- مقادیر نسبی ضریب نفوذ و ضریب انحلال پذیری بر حسب مقدار سازگار کننده: (الف) نسبت ضرایب نفوذ و (ب) نسبت ضرایب انحلال پذیری.



شکل ۱۰ - ضریب سد نفوذ آمیزه در دو سرعت مختلف از اکسترودر برای آمیزه‌های ضایعاتی تهیه شده در دماهای پرس 20°C و 40°C .

نیز انجام شد، که به دلیل بافت دانه‌های فیلمها و شکننده بودن دانه‌ها و چسبندگی کم فازها، به محض ایجاد فشار مثبت اکسیژن در محفظه بالایی فیلم، فشار در محفظه پایینی به سرعت افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

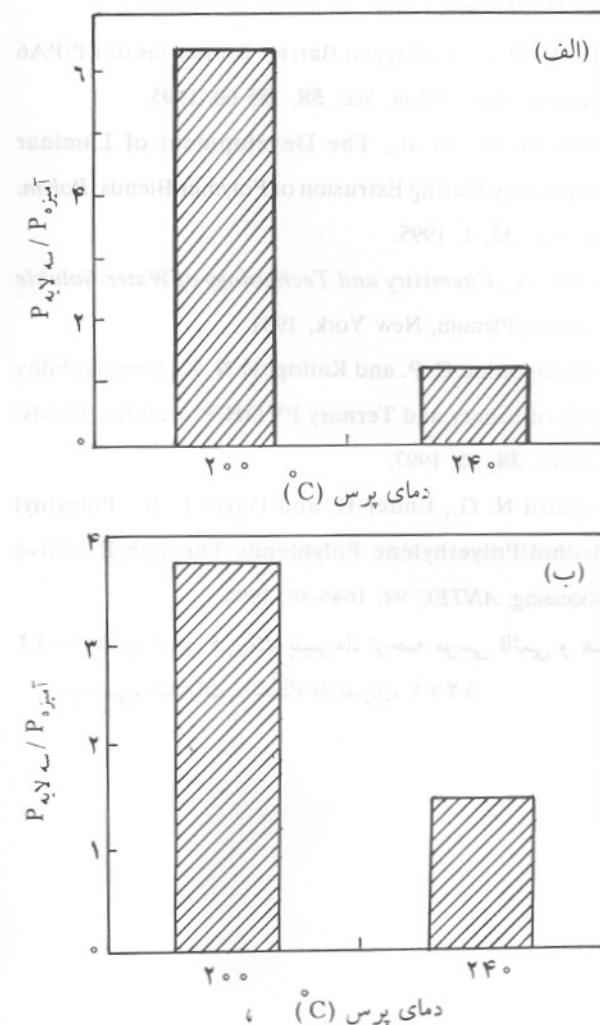
۱ - بافت لایه‌ای و کشیده شده از فاز پراکنده EVOH در بالا بودن ضریب سد نفوذی کاهش سرعت عبور اکسیژن در آمیزه‌های شامل EVOH، LLDPE و LDPE-g-MA و آمیزه‌های ضایعاتی بسیار موثر است.

۲ - برای رسیدن به بافت لایه‌ای از فاز پراکنده EVOH، مقدار بهینه سازگار کننده در آمیزه‌های شامل MA، LLD-g-MA، EVOH و LLDPE (همگی دارای 10° درصد حجمی یا 12° درصد وزنی LLDPE) 3phr EVOH است که ضریب سد نفوذ معادل $6/4$ ایجاد می‌کند.

۳ - دورهای زیاد اکسترودر باعث ایجاد ذرات کروی نسبتاً بزرگی از EVOH می‌شود، که زیر عملیات پرس در دما 20°C بافت لایه‌ای نسبتاً خوبی را می‌دهد.

۴ - در آمیزه‌های غیر واکنشی شامل PVOH، هرچه مقدار سازگار کننده LLD-g-MA بیشتر باشد، سازگاری PVOH با فاز پایه پلی‌اتیلنی بیشتر خواهد شد.

۵ - فیلمهای بدست آمده از آمیزه‌های واکنشی و غیر واکنشی شامل PVOH بافت دانه‌های از PVOH دارند، که نتایج خواص سد نفوذی قابل قبولی ندارند.



شکل ۹ - اثر دماهای پرس بر ضریب سد نفوذ آمیزه: (الف) آمیزه شامل 3phr سازگار کننده و (ب) ضایعات فیلم پنج لایه.

با توجه به مقادیر بیشتر ضریب نفوذ و شباهت بیشتر منحنی آن (شکل ۸ الف) به منحنی شکل ۷ در می‌یابیم که سرعت عبور بیشتر زیر تاثیر نفوذ است.

اثر دماهای عملیات پرس در شکل ۹ در نمودارهای ستونی آمده است. دما 240°C در عملیات پرس باعث کاهش ضریب سد نفوذ آمیزه دارای 3phr سازگار کننده و آمیزه ضایعات فیلم پنج لایه به مقدار قابل توجهی می‌شود، که این نتیجه با توجه به اثر منفی افزایش دماهای پرس بر بافت لایه‌ای آمیزه 3phr قابل قبول است.

در شکل ۱۰ ضریب سد نفوذ آمیزه‌های تهیه شده از ضایعات فیلم پنج لایه در دو سرعت متفاوت 20° و 40°rpm بررسی شده است. این نتیجه با توجه به تفسیر بخش اثر سرعت دور اکسترودر قبل قبول است.

آزمایش سرعت عبور اکسیژن برای آمیزه‌های شامل PVOH

مراجع

Sci.; **33**, 21, 1993.

7. Holsti R. M. et al., Oxygen Barrier Properties of PP/PA6 Blends; *J. Appl. Polym. Sci.*; **58**, 155-60, 1995.
8. Kamal M. R. et al.; The Development of Laminar Morphology During Extrusion of Polymer Blends; *Polym. Eng. Sci.*; **35**, 1, 1995.
9. Finch C. A.; *Chemistry and Technology of Water-Soluble Polymers*; Plenum, New York, 1981.
10. Papadopoulou C. P. and Kalfoglou N. K., Compatibility Study of Binary and Ternary PVOH/Polyolefin Blends; *Polymer*; **38**, 16, 1997.
11. Gaylord N. G., Ender H. and David L. R., Polyvinyl Alcohol/Polyethylene Polyblends Through Reactive Processing; *ANTEC 94*, 1646-48, 1994.

۱۲ - تاگر، شیمی فیزیک پلیمرها، ترجمه موسی قائمی و عباسعلی رستمی، انتشارات دانشگاه مازندران، ۱۳۷۱.

1. Hensen F.; *Plastics Extrusion Technology*; Industrial, New York, 1981.
2. Kier M., Finlayson; *Plastic Film Technology*; Technomic, **1**, 1989.
3. Lee S. Y. and Kim S. C., Morphology and Oxygen Barrier Properties of LDPE/EVOH Blends; *Inter. Polym. Proc.*; **XI**, 3, 1996.
4. Lee S. Y. and Kim S. C., Laminar Morphology Development and Oxygen Permeability of LDPE/EVOH Blends; *Polym. Eng. Sci.*; **37**, 2, 1997.
5. Faisant J. B. et al., Morphology, Thermomechanical and Barrier Properties of PP-EVOH Blends; *Polymer*; **39**, 3, 1998.
6. Lohfink G. W. and Kamal M. R., Morphology and Permeability in Extruded PP-EVOH Blends; *Polym. Eng.*