

The Structure and Physical -Chemical Properties of Polymers in Pressure-sensitive Adhesives (PSA)

Rahim Ebrahimi Barisa^{1*}, Hossein Resalati², Mohamad Hadi Aryaie Monfared¹, Ali Ghasemiyan¹ and Alireza Shakeri³

1. Department of Wood and Paper, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2. Department of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

3. Department of Chemistry, Tehran University, Tehran, Iran

Received: 19 May 2014, Accepted: 18 August 2014

Abstract

The term "pressure-sensitive adhesive" represents a group of adhesives that makes strong contact between the substrates by hand, in dry state, using the finger pressure at room temperature. This study focuses on the chemical structure of different pressure sensitive adhesives. The base polymers, used in a pressure sensitive adhesive, usually include acrylic polymers, silicones, polyurethanes and polyesters. Acrylic polymers, in pressure sensitive adhesives, can be either water or solvent-based and or free of organic solvent. Acrylic polymers are inherently sensitive to pressure. The adhesion properties of an acrylic pressure sensitive adhesive, containing monomers with high or low glass temperature, can be altered by changing the monomer content. The pressure adhesives based on silicon or other rubbers are generally used in tapes. Acrylic pressure sensitive adhesive can be used in temperature range of 40 to 300°C. The rubber-based pressure adhesive makes contact with a high and low energy level. Polyurethane-based pressure sensitive adhesive, stable at 40 to 100°C, shows a high flexibility after drying. The great adherence of polyesters-based pressure sensitive adhesive can be only achieved using aliphatic polyesters with a molecular weight of 5000 to 10000 Dalton and a glass temperature between 25 and 47°C.

Key Words

pressure sensitive adhesive,
acrylic polymers,
silicones,
polyurethane,
polyesters

(*) To whom correspondence should be addressed.
E-mail: Ebrahimirahim56@gmail.com

بررسی ساختار و ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی پلیمرهای پایه چسب‌های حساس به فشار

بسیار ش

فصلنامه علمی- ترویجی

سال چهارم، شماره ۴

صفحه ۸۵-۷۷، ۱۳۹۳

ISSN: 2252-0449

رحیم ابراهیمی بریسا^{۱*}، حسین رسالتی^۲، محمدهادی آریایی منفرد^۱، علی قاسمیان^۱، علیرضا شاکری^۳

۱- گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

۲- ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده منابع طبیعی

۳- تهران، دانشگاه تهران، دانشکده شیمی

دریافت: ۱۳۹۳/۲/۲۹، پذیرش: ۱۳۹۳/۵/۲۷

اصطلاح چسب حساس به فشار معرف چسب‌هایی است که در حالت خشک و دمای معمولی با فشار دست و انگشت با اجسام پیوند قوی برقرار می‌کنند. در مطالعه حاضر، ساختار انواع چسب‌های حساس به فشار بررسی می‌شود. ترکیب پلیمرهای پایه چسب حساس به فشار شامل پلیمرهای آکرلیک، سیلیکون‌ها، پلی‌یورتان‌ها و پلی‌استرهاست. پلیمرهای آکرلیک چسب‌های حساس به فشار بر پایه آب، حلال‌های آلی یا عاری از حلال آلی هستند. پلیمرهای آکرلیک به طور ذاتی حساس به فشار هستند. چسب حساس به فشار آکرلیکی حاوی مونومرهایی با دمای انتقال شیشه‌ای زیاد و کم است. با کم و زیاد کردن این مونومرها می‌توان خواص چسبندگی این نوع چسب‌ها را تغییر داد. چسب‌های فشاری با پایه لاستیک یا سیلیکون عمدتاً در چسب‌های نواری استفاده می‌شوند. چسب‌های حساس به فشار سیلیکونی را می‌توان در دماهای 40°C تا 300°C استفاده کرد. این چسب‌ها با دو سطوح انرژی زیاد و کم پیوند برقرار می‌کنند. چسب‌های حساس به فشار بر پایه پلی‌یورتان در دماهای 40°C تا 100°C پایداری دارند و پس از خشک شدن انعطاف‌پذیری زیادی از خود نشان می‌دهند. چسبندگی عالی چسب‌های حساس به فشار بر پایه پلی‌استرها نیز تنها با پلی‌استرهای آلیفاتیک در وزن‌های مولکولی متغیر از ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ دالتون و دمای شیشه‌ای بین ۲۵ و 47°C حاصل می‌شود.

چکیده



رحیم ابراهیمی بریسا



حسین رسالتی



محمدهادی آریایی منفرد



علی قاسمیان



علیرضا شاکری

واژگان کلیدی

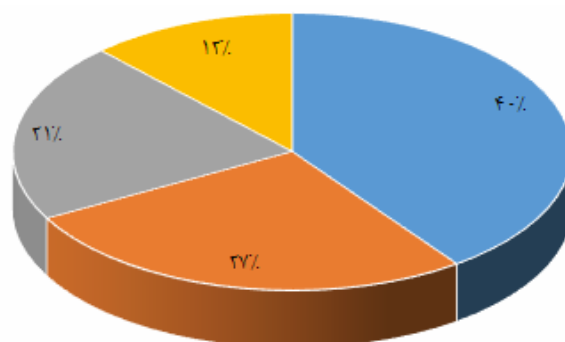
چسب حساس به فشار،
پلیمرهای آکرلیک،
سیلیکون‌ها،
پلی‌یورتان‌ها،
پلی‌استرها

مقدمه

چسب‌ها مدت زمان طولانی است که مورد استفاده انسان قرار گرفته‌اند. در مصر باستان از چسب‌ها برای روکش دادن صندوق‌های جواهرات استفاده می‌شد. در حال حاضر، چسب‌ها در کارخانه‌های مختلف تولید و استفاده می‌شوند و در بسیاری از موارد جایگزین سایر منابع اتصال دهنده شده‌اند [۱]. امروزه، چسب حساس به فشار (PSA) به دلیل خواص شیمیایی و فیزیکی مناسب، از انواع چسب‌های مورد توجه مصرف کنندگان بوده و کاربردهای بی‌شماری برای آن تعریف شده است. ساختار ویژه پلیمرهای پایه تشکیل دهنده چسب حساس به فشار، این چسب‌ها را بی‌نظیر ساخته و ویژگی‌های خاصی آنها بخشیده‌اند.

بازار فناوری چسب‌های حساس به فشار کارآمد به سرعت در حال گسترش است. بازار جهانی چسب‌های حساس به فشار در سال ۲۰۰۶ سطحی معادل $25/4 \times 10^9 \text{ m}^2$ را به خود اختصاص داده است. همچنین، درآمد حاصل از تجارت این چسب‌ها در سال ۲۰۰۶ حدود $20/8$ میلیارد دلار بوده است [۲]. شکل ۱ سهم تجارت چسب‌های حساس به فشار را در بعضی از قاره‌ها نشان می‌دهد. با توجه به این شکل می‌توان مشاهده کرد، قاره آسیا بیشترین سهم بازار چسب حساس به فشار را به خود اختصاص داده است [۱،۲]. چسب‌های حساس به فشار کاربردهای متنوعی در صنایع مختلف از قبیل خودروسازی، کاغذ و مقوا، الکترونیک، تلفن همراه و غیره دارند.

چسب‌های حساس به فشار به طور پایدار و فزاینده در دمای معمولی چسبناک‌اند و بدون نیاز به فشار بیشتر از انگشت یا دست به طور محکم با سطوح اتصال برقرار می‌کنند. این چسب‌ها منحصر به فرداند، چرا که طی فرایند پیونددهی هیچ تغییری در شکل فیزیکی و



بقیه جهان ■ آمریکای شمالی ■ اروپای غربی ■ آسیا

شکل ۱- سهم تجارت چسب‌های حساس به فشار در نقاط مختلف جهان [۲].

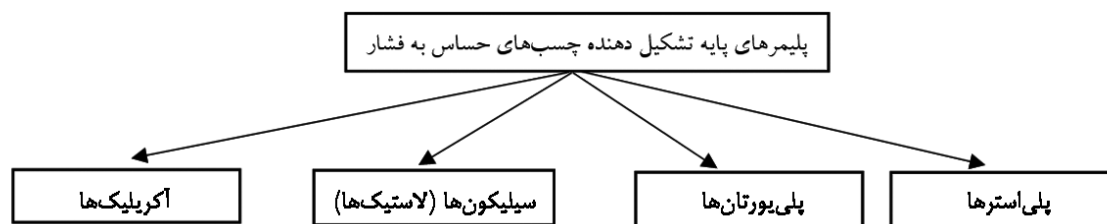
واکنش شیمیایی آنها رخ نمی‌دهد [۳]. ساختار شیمیایی پایه پلیمری چسب‌های حساس به فشار نقش مهمی در تعیین مدول و سایر خواص شیمیایی چسب ایفا می‌کند. بنابراین، وقتی که پلیمرهای چسب حساس به فشار سنتز می‌شوند، اغلب از مونومرهای متنوعی برای ساختن زنجیر نهایی پلیمر استفاده می‌شود، تا محدوده تماس سطحی و اثری که روی نیروی چسبندگی ماده دارد کنترل شود. چسب‌هایی که بر پایه پلیمرهای آکریلیک و لاستیک‌های طبیعی هستند، رایج‌ترین انواع چسب‌های حساس به فشاراند. چسب‌های بر پایه پلیمرهای آکریلیک دارای پایداری خوبی نسبت به نور فرابنفش (UV) بوده و در برابر آبکافت نیز پایداری دارند [۱،۲]. به دلیل اهمیت فراوان چسب‌های حساس به فشار در صنایع مختلف، مطالعه حاضر به بررسی ساختار شیمیایی چسب‌های حساس به فشار و پلیمرهای پایه تشکیل دهنده این نوع چسب‌ها پرداخته است.

شیمی چسب حساس به فشار

اصطلاح حساس به فشار، انواع مختلفی از چسب‌های رایج را دربرمی‌گیرد. چسب‌های حساس به فشار، سیالات گرانش‌کشسان با گرانش بسیار زیاد هستند که در اثر فشار جزئی، به دلیل نحوه جاری شدن، تقریباً به هر سطحی می‌چسبند. حالت چسبندگی همیشگی چسب‌های حساس به فشار، باعث تمایز عملکرد آنها از سایر انواع چسب‌ها می‌شود. این چسب‌ها عموماً پس از مصرف هم نیز دارای خواص چسبندگی هستند [۴].

خواص چسب‌های حساس به فشار به طور کامل به پلیمر پایه و سایر موادی که برای ساخت آنها استفاده می‌شود، وابسته است [۵]. پلیمرهای پایه چسب حساس به فشار شامل آکریلیک‌ها، سیلیکون‌ها، پلی‌یورتان‌ها و پلی‌استرها هستند (شکل ۲) [۶]. چسب‌ها همگی دارای پلیمر هستند یا اینکه پلیمرها در حین پیوند چسب شکل می‌گیرند. پلیمرها به شکل رشته‌ای، خطی، شاخه‌ای یا شبکه‌ای (دارای اتصالات عرضی) در چسب‌ها یافت می‌شوند که به چسب‌ها قدرت چسبندگی می‌دهند [۷].

بیشتر پلیمرها چسبنده نیستند، به همین دلیل پلیمرهای پایه چسب‌های حساس به فشار باید با رزین‌های طبیعی یا اصلاح شده مخلوط شوند تا حالت چسبندگی پیدا کنند. برای چسب‌های حساس به فشار انحلال‌پذیر در حلال‌ها از لاستیک استیرن بوتادی‌ان به عنوان رزین برای ایجاد خاصیت چسبندگی استفاده می‌شود. برای چسب‌های کلئیدی حساس به فشار نیز معمولاً از آکریلات‌ها به عنوان رزین استفاده می‌شود. نمونه دستور کار تهیه



شکل ۲- انواع پلیمرهای پایه چسب های حساس به فشار.

است. این پلیمرها در ساختار چسب، سطح ثابت و چسبناکی را تشکیل می دهند که با وارد آمدن فشار به سرعت روی انواع مواد می چسبند [۲]. ترکیب پلیمرهای آکریلیک به طور ذاتی حساس به فشار است. این پلیمرها از مونومرهای نرم (دمای انتقال شیشه ای کم)، سخت (دمای انتقال شیشه ای زیاد) و مونومرهای عاملی در زنجیر پلیمر تشکیل شده اند (شکل ۳) [۹]. به طور معمول آلکیل آکریلات ها با ۴ تا ۱۷ کربن می توانند مونومری از چسب های حساس به فشار باشند. ترکیب پلیمر پایه چسب حساس به فشار، مبتنی بر پلیمرهای آکریلیک حاوی شاخه های جانبی فراوانی است که با پیوند استری با هم در ارتباط هستند (شکل ۳) [۲، ۱۰].

خاصیت چسبندگی و کندن برای چسب ها مهم است. در ساختار چسب های حساس به فشار آکریلیکی، مونومرهای n-بوتیل، ۲-اتیل هگزیل و n-اکتیل آکریلیک جزو مونومرهای نرم با دمای شیشه ای کم هستند. این مونومرها باعث کندن آسان تر چسب ها می شوند. همچنین، در چسب های حساس به فشار آکریلیکی مونومرهای متیل و اتیل آکریلیک دارای مقاومت داخلی هستند و جزء مونومرهای سخت با دمای شیشه ای زیاد هستند. مونومرهای

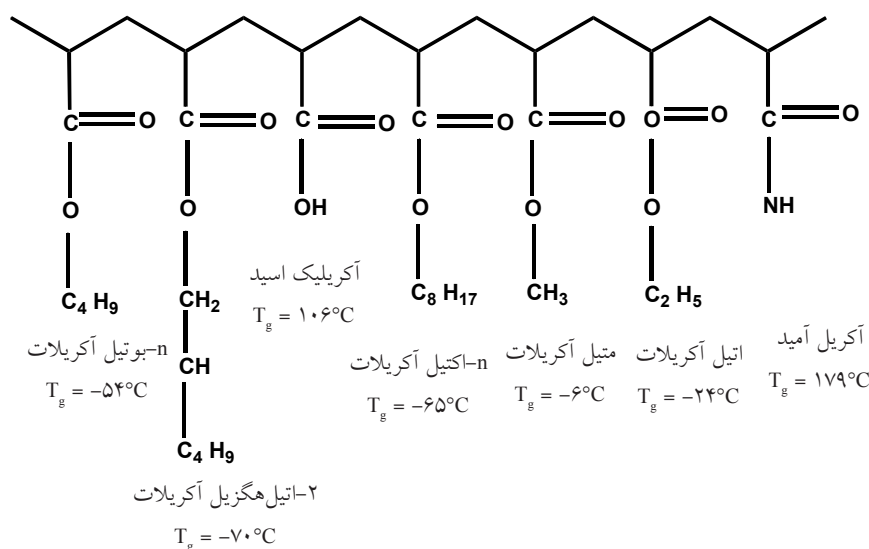
جدول ۱- درصد مواد تشکیل دهنده چسب های حساس به فشار.

مقدار مواد (%)	مواد تشکیل دهنده
۳۰ - ۵۰	پلیمرها
۲۰ - ۴۰	رزین ها
۰ - ۴۰	مواد نرم کننده
۰ - ۱۰	پرکننده
۱ - ۲	پایدارکننده ها

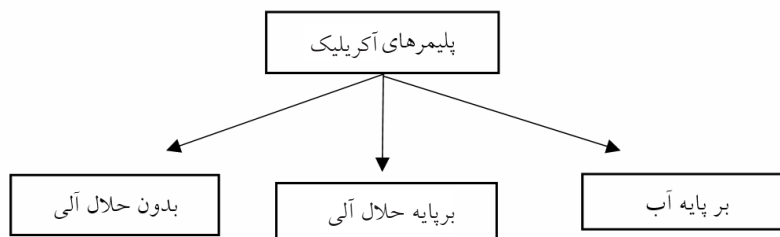
یک چسب حساس به فشار در جدول ۱ نشان داده شده است [۳].

آکریلیک ها

پلیمرهای آکریلیکی ساختار شبکه ای دارند و نسبتاً نرم هستند. آکریلیک ها در مایعات با دمای جوش زیاد تبدیل به پلیمر می شوند. روش های سنتز این پلیمرها به شکل در محلول، تعلیقی و امولسیون است. از نظر سنتز شیمی آلی، فن پلیمرشدن امولسیون از مهم ترین و بهترین فنون پلیمرشدن این قبیل مواد است [۸]. از کاربردهای پلیمرهای آکریلیک، چسب های حساس به فشار



شکل ۳- ساختار زنجیر چسب های حساس به فشار بر پایه پلیمرهای آکریلیک [۶].



شکل ۴- انواع پلیمرهای آکریلیک برای استفاده در چسب‌های حساس به فشار.

کمتر از ۱۵٪ است [۴]. تجارت و فناوری برای چسب‌های حساس به فشار آکریلیکی حمل شده با حلال هنوز در حال توسعه است [۱۳]. چسب‌های آکریلیکی حاوی حلال می‌توانند در آینده تبدیل به یک فناوری کارآمد برای چسب‌های حساس به فشار انحلال‌پذیر در آب، چسب‌های حساس به فشار با قابلیت ایجاد پیوند عرضی و چسب‌های ساختاری آکریلیکی شوند [۱۴].

چسب‌های آکریلیکی حساس به فشار انحلال‌پذیر در آب

چسب‌های حساس به فشار انحلال‌پذیر در آب، در ابتدا برای تولید نوارچسب‌های صنعتی یک رو، دورو و نوارچسب‌های انتقال دهنده استفاده می‌شدند. این چسب‌ها به طور فزاینده در صنعت کاغذ برای وصله زدن صفحات کاغذی طی تغییر و تعویض دستی حلقه کاغذ استفاده می‌شوند [۱،۲]. این نوع چسب‌ها هنگام تولید بر چسب‌های انحلال‌پذیر در آب با مصارف پزشکی نیز کاربرد دارند. ویژگی بسیار مهم و غیرمعمول این نوع چسب‌ها انحلال‌پذیری آنها در آب است که تا حد زیادی به ویژگی‌های آبدوستی گروه‌های متصل به زنجیر اصلی بستگی دارد. دمای انتقال شیشه‌ای (Tg) مونومرهای انحلال‌پذیر در آب، عامل اساسی برای ویژگی‌های چسب بوده و عامل انحلال کوپلیمرهای سنتزی است. آلکیل آکریلات‌های قلیایی مرغوب، برای ایجاد چسبندگی معمولاً در آب انحلال‌پذیراند و دمای شیشه‌ای شدن چسب نهایی را کاهش و چسبندگی را افزایش می‌دهند [۲،۱۵]. شکل ۵ ساختار زنجیر پلیمر چسب‌های حساس به فشار آکریلیکی انحلال‌پذیر در آب را همراه با گروه‌های آبدوست و غیرآبدوست نشان می‌دهد [۲،۱۶].

چسب‌های حساس به فشار سیلیکونی (لاستیکی)

چسب‌های فشاری بر پایه لاستیک یا سیلیکون عمدتاً در نوارهای یک‌بارمصرف (نوارچسب‌های رنگ‌زنی، الکتریکی، لوله آب، بسته‌بندی و محافظ) و نوارهای چندبار مصرف (دائمی) استفاده می‌شوند. پرمصرف‌ترین لاستیک‌ها برای استفاده در چسب‌های

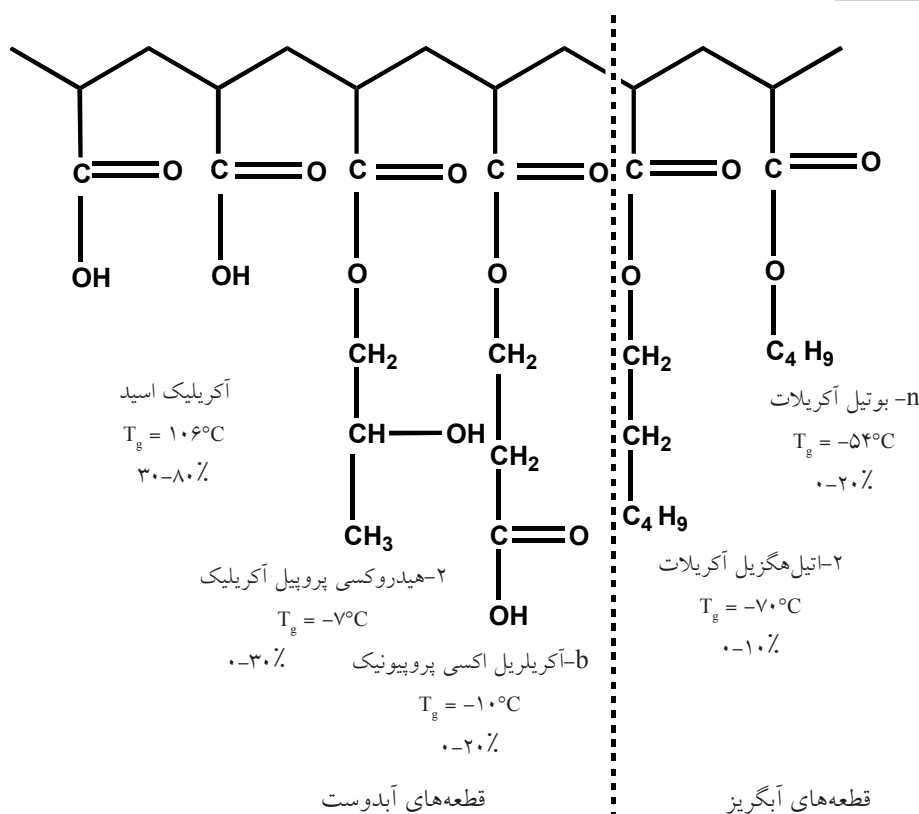
متیل و اتیل آکریلیک در چسب‌های آکریلیکی حساس به فشار باعث چسبندگی قوی آنها خواهند شد (شکل ۳) [۲،۶].

پلیمرهای آکریلیک برای استفاده در چسب‌های حساس به فشار به سه حالت استفاده می‌شوند که شامل پلیمرهای بر پایه آب، حلال‌های آلی یا بدون حلال آلی هستند (شکل ۴) [۱۱]. چسب‌های حساس به فشار آکریلیکی شفاف هستند و زردرنگ نمی‌شوند. این چسب‌ها در برابر UV و نرم‌کننده‌ها دوام طولانی داشته و در برابر گرما نیز مقاوم هستند [۱۲].

از چسب‌های حساس به فشار آکریلیکی در تولید برچسب‌ها، نوار چسب‌ها، صنایع خودروسازی، فیلم‌های محافظ و موارد مشابه که به فشار حساس هستند، استفاده می‌شود. تمام محصولات حاصل از چسب‌های حساس به فشار آکریلیکی به آسانی قابل استفاده‌اند و به سرعت تشکیل پیوند می‌دهند. این گونه چسب‌ها پس از چسبیدن احتیاج به خنک کردن ندارند و اگر زمان چسبندگی طولانی شود، چسب از بین نمی‌رود. کیفیت این گونه چسب‌ها بستگی به تعادل بین نیروی چسبندگی چسب و ماده چسبنده دارد [۱۲].

چسب‌های آکریلیکی حساس به فشار انحلال‌پذیر در حلال‌های آلی

کاربردهای مرسوم چسب‌های همراه با حلال در کارهای دستی است. با تخییر حلال بسیار فرار، گرانروی چسب افزایش و قدرت خیس‌کنندگی آن کاهش می‌یابد. همراه با افزایش وزن مولکولی، خاصیت پیوستگی میان پوسته چسب نیز افزایش می‌یابد. افزایش هزینه حلال‌های آلی، قوانین زیست‌محیطی، هزینه خشک کردن و بازیابی حلال باعث جایگزین شدن روز افزون روش‌های چسب‌زنی بدون حلال شده است. پیدا کردن جایگزین برای چسب‌های همراه با حلال عمدتاً به گسترش چسب‌های کلئیدی آکریلات منجر شده است. چسب‌های کلئیدی آکریلات به طور قابل توجهی محدودیت‌های استفاده از چسب‌های همراه با حلال را رفع کرده‌اند. امروزه، سهم چسب‌های همراه با حلال در کل بازار اروپا



شکل ۵- ساختار زنجیر پلیمر چسبهای حساس به فشار آکریلیکی انحلالپذیر در آب.

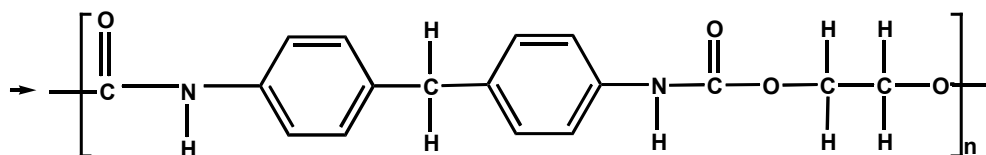
خاصیت ترکندگی زیادی دارند. آنها در دماهای کم انعطافپذیرتر هستند، در دماهای زیاد پایداری گرمایی بیشتری دارند و در برابر سطوح با انرژی کم نیز چسبندگی مناسبی نشان می‌دهند. از جمله معایب چسبهای تماسی سیلیکونی، چسبناکی کم (سه تا پنج برابر بیشتر از سامانه‌های آکریلیک)، قیمت زیاد و پایداری کم در برابر حلال است [۱۷].

چسبهای حساس به فشار سیلیکونی، از گران‌ترین فرمول چسبهای فشاری به حساب می‌آیند. این چسبها عموماً چسبندگی کمی دارند، ولی تا دمای 371°C مقاوم‌اند. فقط چسبهای حساس به فشار سیلیکونی هستند که با سطح اتصال‌های لاستیک سیلیکونی پیوند محکم ایجاد می‌کنند. این محصولات بر پایه لاستیک سیلیکون و رزین‌های سیلیکونی سنتزی هستند. این نوع چسبها، مقاومت زیادی در برابر مواد شیمیایی و حلال‌های مختلف، دماهای زیاد، عملکرد عالی در دمای سرد و مقاومت زیادی به تجزیه گرمایی و اکسایشی دارند.

چسبهای حساس به فشار پلی‌یورتانی

پلی‌یورتان‌ها پلیمرهایی هستند که از واکنش پلی‌ال‌ها با ایزوسیانات

حساس به فشار، کائوچوی طبیعی است. سایر لاستیک‌های مصرفی عبارتند از: پلی‌ایزوپرن، کوپلیمرهای استیرن - بوتادی‌ان، لاستیک بیوتیل، پلی‌بوتادی‌ان، لاستیک بوتادی‌ان آکریلونیتریل، پلی‌کلروپرن و کوپلیمرهای اتیلن - وینیل استات. این چسبها معمولاً ترکیبی از مواد چسبناک، ضد اکسند، موم و گاهی پرکننده‌ها، رنگدانه، عامل پخت، غلیظ کننده و پایدارکننده هستند [۲]. چسبهای حساس به فشار سیلیکونی چسب‌هایی با کارآمد هستند که می‌توان آنها را در دماهای متفاوتی از 40°C تا 300°C استفاده کرد. آنها با دو سطوح انرژی زیاد و کم پیوند برقرار می‌کنند. مبنای پلیمرهای سیلیکونی شامل صمغ، گروه‌های دی‌متیل سیلوکسی و دی‌فنیل سیلوکسی است. وزن مولکولی سیلیکون‌های حلال عمده‌ها از ۵۰۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰۰ دالتون متغیر است [۱۷]. پیوندهای عرضی چسبهای سیلیکونی حاوی گروه‌های متیل و فنیل است که می‌توان آنها را تحت فرایندهای گرمایی بین 120°C و 150°C با استفاده از پروکسید آلی به دست آورد. به طور کلی، دمای انتقال شیشه‌ای (T_g) کم، انعطاف‌پذیری و حجم تخلخل بین‌مولکولی زیاد این چسبها موجب شده تا در محدوده گسترده‌ای از داروها از آنها استفاده شود. از طرف دیگر، چسبهای تماسی سیلیکونی



شکل ۶- ساختار نمونه یک پلی‌یورتان.

پیوندهای دوگانه امکان شبکه‌ای شدن به وسیله استیرن را دارند و می‌توانند موجب سخت شدن رزین و پخته شدن آن شوند. بنابراین، با طراحی فرمول و کنترل اسیدهای اشباع و غیراشباع، کاتالیزورها، دما و زمان واکنش می‌توان مجموعه کاملی از رزین‌ها را تولید کرد که کاربردهای مختلفی داشته باشند. پلی‌استر غیراشباع با استیرن مخلوط می‌شود و می‌تواند از راه پیوندهای دوگانه موجود در هر دو جزء، شبکه‌ای شود. در صنعت پلیمر و نساجی معمولاً منظور از الیاف پلی‌استر، الیاف تهیه شده از پلی‌اتیلن ترفتالات است که متداول‌ترین نوع پلی‌استرهاست.

مطالعات آکواندو و هوبر در سال ۱۹۹۷ نشان داد، چسبندگی عالی چسب‌های حساس به فشار تنها با پلی‌استرهای آلیفاتیک در وزن‌های مولکولی متغیر از ۱۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ دالتون و دمای شیشه‌ای بین ۲۵ و ۴۷°C حاصل می‌شود [۱۹]. نمونه‌ای از این چسب‌ها با روش آکریل‌دار شدن چسب‌های حساس به فشار بر پایه پلی‌استر تهیه می‌شوند که حاوی گروه‌های هیدروکسیل هستند [۱۹، ۲۰].

کاربردهای چسب حساس به فشار

از چسب‌های حساس به فشار در ساخت انواع نوارچسب‌ها، برچسب‌ها، عایق‌های الکتریکی و صنایع بسته‌بندی استفاده می‌شود. تعدادی از کاربردهای چسب حساس به فشار در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- تعدادی از کاربردهای چسب حساس به فشار در صنایع مختلف.

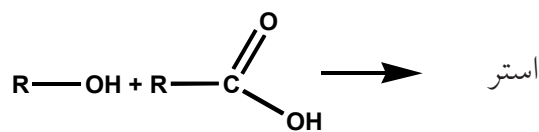
کاربرد	صنایع
نوار چسب دولا، نوار چسب دولای کف، چسب‌های شفاف، نوار فیلم دولا، فیلم محافظ نوار اسفنجی آکرلیک، نوار برق، فیلم محافظ نوار اسفنجی آکرلیک، نوار برق، فیلم محافظ نوار اسفنجی آکرلیک، انواع چسب‌های چوبی	تلفن همراه خودرو نمایش صنایع مختلف

تهیه می‌شوند. نخستین پلی‌یورتان در سال ۱۹۳۷ توسط Bayer طی واکنش میان یک دی‌ایزوسیانات زنجیری و یک دی‌آمین به دست آمد. گروه عاملی ایزوسیانات با هر مولکولی که دارای یک هیدروژن فعال باشد، واکنش می‌دهد. شکل ۶ ساختار یک پلی‌یورتان را نشان می‌دهد [۱۸].

شیمی بسیار متنوع پلی‌یورتان‌ها باعث شده است که در تولید چسب‌ها کارآمد و مناسب باشد. چسب‌های پلی‌یورتان کاربری گسترده‌ای دارند و برای اتصال مواد مختلف از قبیل چوب، فلز، بتن، شیشه و پلاستیک مناسب‌اند. خاصیت ضدآب این چسب‌ها، آنها را به عنوان چسب چوب‌کاری معرفی کرده است. این چسب‌ها در برابر دماهای ۴۰°C تا ۱۰۰°C پایداری دارند و پس از خشک شدن انعطاف‌پذیری زیادی از خود نشان می‌دهند. کاربرد پلی‌یورتان‌ها تنها به یک نوع از چسب‌های حساس به فشار محدود نشده و دارای کاربردهای بالقوه دیگری نیز هستند.

چسب‌های حساس به فشار بر پایه پلی‌استرها

رزین پلی‌استر ماده‌ای است که در مجسمه‌سازی و کارهای صنعتی استفاده می‌شود. رزین پلی‌استر در ابتدا به شکل مایعی غلیظ است. ولی وقتی این رزین با سخت‌کننده مخلوط می‌شود، گرمای آن افزایش می‌یابد و به حالت ژل درمی‌آید. سپس، سخت و محکم می‌شود. شکل ۷ ساختار یک پیوند استری را نشان می‌دهد. رزین‌های پلی‌استر غیراشباع به‌طور گسترده در سراسر دنیا استفاده می‌شوند. زنجیر اصلی پلیمری این رزین دارای اتصالات استری است که از واکنش تراکمی یک ترکیب الکلی چندعاملی و یک اسید چندعاملی مانند گلیکول و فوماریک اسید تهیه می‌شود. در حالت به‌کارگیری رزین غیراشباع، به‌دلیل استفاده از یک اسید غیراشباع، پیوندهای دوگانه در فواصل منظمی در زنجیر به‌وجود می‌آیند. این



شکل ۷- ساختار نمونه یک پیوند استری.

روز تعداد بیشتری از فرایندهای پلیمر شدن در محلول با پلیمر شدن امولسیون جایگزین شوند. البته چسب های حساس به فشار نوع امولسیون نیز دارای مشکل کم بودن مقاومت برشی در مقایسه با چسب بر پایه حلال هستند. این مشکل با افزودن کمی از مونومر آکرلیک اسید قابل حل است. چسب های حساس به فشار آکرلیکی با قابلیت عبور نور فرابنفش یکی از چسب های جدید از نوع فشاری هستند که کاربردهای فراوانی پیدا کرده اند. این محصولات دارای سرعت فراوری زیاد، گرانی نسبتا کم در دماهای زیاد و مقاومت زیاد نسبت به حلال ها هستند. چسب های حساس به فشار آکرلیکی با قابلیت عبور نور فرابنفش عاری از حلال اند و به شکل مذاب داغ فراوری می شوند. توسعه فناوری این محصول مشکلات زیست محیطی چسب های حساس به فشار را حل کرده و آنها را به محصول دوست دار محیط زیست مبدل کرده است.

مراجع

1. آریایی منفرد م.، بررسی تغییرات ساختار شیمیایی چسب حساس به فشار تیمار شده با آنزیم استراز و کنترل فیزیکی مواد چسبناک با تالک و الیاف آکرلیک در خمیر کاغذ OCC، رساله دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. تابستان ۱۳۹۲.
2. Czech Z. and Milker R., Development Trends in Pressure Sensitive Adhesive Systems, *Mater. Sci. Poland*, **23**, 1015-1022, 2005.
3. خواننده م.، اهمیت ساختار پلیمر در چسب های حساس به فشار، بسیار، ۱۱، ۳۶-۳۷، ۱۳۸۸.
4. خسروانی ا.، لتیاری ا.، میرشکاری ا.، بررسی عملکرد دو نوع ترکیب مواد شیمیایی به منظور مجتمع کردن مواد چسبناک پیش از غربال، نشریه دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۶۰، ۹۹۹-۹۸۹، ۱۳۸۶.
5. Milker R., Czech, Z., and Marta W., Synthesis of Photoreactive Solvent-Free Acrylic Pressure Sensitive Adhesives in the Recovered System, *Polish. J. Chem. Technol.*, **9**, 5-9, 2007.
6. Brockmann W. and Meyerroscher B., Relation of Pressure-Sensitive Properties and UV Crosslinking Technology, *TAPPI Hot Melt Symposium*, Atlanta, USA, 1998.
7. Comin J., *Adhesion Science*, Athenaum, UK., 99-110, 1997.
8. Damico D., *Advances in Adhesives, Adhesion Science, and Testing*, ASTM International, USA, 142, 2005.
9. ابراهیمی بریسا ر.، رسالتی ح.، آریایی منفرد م.، قاسمیان ع.، شاکری ع.، کنترل آنزیمی مواد چسبناک در بازیافت کاغذ، مجله مهندسی شیمی ایران،

بازار چسب های حساس به فشار به طور روزافزون در حال گسترش است و هر روز با چالش های جدیدی مواجه می شود. شیمی پلیمرها با خواص خود چسبندگی، اغلب ابعاد جدیدی از چسب های حساس به فشار را به بازار عرضه می کند. ساخت کوپلیمرهای آکرلیکی به روش پلیمر شدن امولسیونی و کاربرد گسترده آنها در پوشش ها، چسب ها و عوامل افزایش دهنده چسبندگی از جنبه های اقتصادی و زیست محیطی دارای اهمیت بسیار زیادی است. در دهه های اخیر، قوانین زیست محیطی در سراسر جهان استفاده از فرایندهای پلیمر شدن پایه حلال را محدود کرده است. از طرفی، به دلیل کاربرد حلال های خاص و مشکلات بازیابی آنها از محصول نهایی، قیمت این فراورده نسبتا زیاد است. این معایب سبب شده است تا روز به

- در دست چاپ.
10. نبی پور ف.، اسماعیلی ا.، تدین ف.، گنجی م.، مجیدیان ن.، سنتز پلی آکرلیک های حساس به فشار به حالت امولسیونی، نهمین کنگره ملی شیمی ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۵-۳ آذرماه ۱۳۸۳.
 11. Czech Z. and Wojciechowicz M., The Crosslinking Reaction of Acrylic PSA Using Chelate Metal Acetylacetonates, *Eur. Polym. J.*, **42**, 2153-2160, 2006.
 12. Czech Z., Kowalczyk J., Kabatc L., Shao Y.B., and Swiderska J., UV-initiated Crosslinking of Photoreactive Acrylic Pressure Sensitive Adhesives Using Excimerlaser, *Polym. Bull.*, **70**, 479-488, 2013.
 13. Sowa D., Czech Z., and Byczyński L., Peel Adhesion of Acrylic Pressure-Sensitive Adhesives on Selected Substrates versus their Surface Energies, *Inter. J. Adh. Adhes.*, **49**, 38-43, 2014.
 14. Jin X., Bai Y.P., Shao L., Yang B.H., Tang, Y.P., Properties of Solvent-Borne Acrylic Pressure-Sensitive Adhesives Synthesized by a Simple Approach, *Polym. Lett.*, **13**, 814-820, 2009.
 15. ضمیر م.، مقبلی م.، مولایی ب.، اثر تغییر ساختار مولکولی بر خواص چسبندگی چسب های حساس به فشار آکرلیکی، دهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۲۶-۲۴ آبان ماه ۱۳۸۴.
 16. ابراهیمی بریسا ر.، کنترل آنزیمی مواد چسبناک در کاغذ بازیافتی OCC، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۳۹۳.

17. تقی‌زاده م.، میرزاده ح.، باریکانی م.، سروش‌نیا آ.، بررسی خواص چسبندگی آمیزه‌های چسب‌های تماسی آکریلیک-سیلیکون، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، ۲۲، ۱۰۵-۹۷، ۱۳۸۸.
18. کوره پزان مفتخر م.، دنیای پلی‌یورتان‌ها، فصلنامه رشد آموزش شیمی، ۲۵، ۲۳-۲۵، ۱۳۹۰.
19. Richard P.W., Pressure-Sensitive Adhesives, Elastomers, and

Coatings from plant Oil, *Bio-Based Polymers and Composites*, Imprint Academic, 256-291, 2005.

20. Pang B., Ryu C.H., and Kim H., Effect of Naphthyl Curing Agent Having Thermally Stable Structure on Properties of UV-cured Pressure Sensitive Adhesive, *J. Ind. Eng. Chem.*, **20**, 3195-3200, 2014.