

بررسی دیتاشیت MXBON® 41132M

نوع شیمیایی: Acrylated Urethane

Chemical Type: Acrylated urethane

MXBON 41132M یک چسب آکریلات یورتان است. این ترکیب از دو خانواده پلیمری مهم استفاده می‌کند:

- بخش آکریلاتی → ایجاد پخت سریع توسط رادیکال آزاد در اثر تابش UV
 - بخش یورتانی → ایجاد انعطاف‌پذیری، مقاومت ضربه و کاهش شکنندگی اتصال
- از نظر مهندسی، این ترکیب برای کاربردهایی مناسب است که اتصال نباید مانند یک اپوکسی سخت و شکننده رفتار کند. مثلاً:
- قطعات پلاستیکی که انبساط حرارتی دارند
 - قطعاتی که تحت ضربه یا ارتعاش هستند
 - اتصالات شیشه-پلاستیک

مزیت اصلی نسبت به چسب‌های سخت‌تر این است که تنش‌های ناشی از اختلاف ضریب انبساط حرارتی را بهتر تحمل می‌کند.

تک جزئی بودن (Single Component)

One component – requires no mixing

این ویژگی فقط یک موضوع راحتی مصرف نیست. در چسب‌های دو جزئی مشکلات زیر وجود دارد:

- خطای نسبت اختلاط
- زمان مصرف محدود (Pot Life)
- ایجاد حباب هنگام Mixing
- تغییر خواص در اثر خطای اپراتور

در: MXBON 41132M

- ترکیب شیمیایی از قبل کنترل شده است.
- کیفیت اتصال کمتر به مهارت اپراتور وابسته است.
- مناسب خطوط تولید اتوماتیک است.

ویسکوزیته و رفتار تیکسوتروپیک

Viscosity: ۳۵۰۰ تا ۷۵۰۰ mPa.s

این ویسکوزیته در محدوده چسب‌های مایع متوسط قرار دارد. که مزیای زیر را دارد

- به راحتی تزریق می‌شود.
- روی سطح عمودی سریع جاری نمی‌شود.
- برای پر کردن فاصله اتصال مناسب است.

اما اگر فاصله اتصال خیلی زیاد شود، فقط افزایش ضخامت چسب راه حل نیست؛ زیرا نور UV باید بتواند به عمق نفوذ کند. بنابراین در طراحی اتصال باید سه عامل ضخامت چسب، شدت نور، زمان تابش همزمان بررسی شوند

چگالی مخصوص

Specific Gravity: 1.08

یعنی وزن یک حجم مشخص از چسب حدود ۸ درصد بیشتر از آب است. کاربرد عملی برای محاسبات مصرف هر لیتر چسب تقریباً ۱.۰۸ وزن دارد. این عدد برای طراحی سیستم تزریق، کنترل مصرف و محاسبه هزینه مهم است.

مکانیزم پخت UV

Ultraviolet and/or Visible light Cure:

پخت این محصول بر اساس واکنش زنجیره‌ای رادیکال آزاد است. مراحل به ترتیب زیر است

نور UV ← فعال شدن فوتوآغازگر ← تولید رادیکال آزاد ← اتصال مولکول‌های آکریلات ← تشکیل شبکه پلیمری

بنابراین سه شرط ضروری وجود دارد که شرط اول نور با طول موج مناسب (۳۶۵، ۳۹۵ یا ۴۶۰ nm) شرط دوم شدت انرژی کافی (mW/cm^2) شرط سوم زمان کافی تابش

زمان تثبیت اولیه (Fixture Time)

زمان تثبیت اولیه (Fixture Time) به زمانی گفته می‌شود که چسب بتواند استحکام برشی برابر با 0.1 N/mm^2 ایجاد کند. یعنی $0.1 \text{ N/mm}^2 = 0.1 \text{ MPa}$ این مقدار به عنوان معیار رسیدن اتصال به حداقل استحکام لازم برای ثابت نگه داشتن قطعات در نظر گرفته می‌شود.

زمان تثبیت اولیه تحت تابش UV

روی لام شیشه‌ای میکروسکوپ (Glass Microscope Slides)

آزمون ISO 458 شرایط تابش:

- شدت نور 26mW/cm^2
 - طول موج 365nm
 - زمان تثبیت $\leq 15\text{ seconds}$
- به اصطلاح مهندسی در اتصال شیشه‌ای، با تابش نور UV با شدت نسبتاً پایین، چسب حداکثر در ۱۵ ثانیه به حداقل استحکام نگهدارنده می‌رسد.

روی پلی‌کربنات (Polycarbonate)

حالت اول:

- شدت نور: 30 mW/cm^2
- طول موج 365nm
- زمان تثبیت $\leq 10\text{seconds}$

حالت دوم:

- شدت نور 100mW/cm^2
- طول موج 365nm
- زمان تثبیت $\leq 5\text{seconds}$

این سه عدد یک پیام مشخص دارند: سرعت پخت **MXBON® 41132M** مستقیماً به انرژی دریافت‌شده توسط چسب وابسته است.

انرژی تابشی تقریباً تابع $\text{TimeEnergy} = \text{Intensity} \times \text{Time}$ است. بنابراین با افزایش شدت نور از 6 mW/cm^2 به 100 mW/cm^2 زمان لازم برای رسیدن به گیرش اولیه کاهش پیدا می‌کند.

مقایسه عملی زمان تثبیت

شرایط	شدت UV	زمان رسیدن به Fixture
شیشه	6 mW/cm^2	≤ 15 ثانیه
پلی‌کربنات	30 mW/cm^2	≤ 10 ثانیه
پلی‌کربنات	100 mW/cm^2	≤ 5 ثانیه

یعنی در خط تولید، اگر سیستم UV مناسب انتخاب شود، قطعه می تواند تقریباً بلافاصله بعد از تابش وارد مرحله بعدی مونتاژ شود.

زمان بدون چسبندگی سطحی Tack Free Time

$$\leq 20 \text{ seconds} \quad 100 \text{ mW/cm}^2 @ 365 \text{ nm}$$

Tack Free Time با Fixture Time متفاوت است در این زمان سطح خارجی چسب دیگر حالت چسبناک ندارد. یعنی گردوغبار کمتر جذب می شود. سطح تمیزتر باقی می ماند. قطعه برای جابه جایی یا بازرسی آماده تر است، اما هنوز الزاماً به معنی رسیدن به حداکثر خواص مکانیکی نیست.

پخت عمقی (Deep Fixture Time)

$$100 \text{ mW/cm}^2 \leq 60 \text{ seconds} \quad \text{Deep (1-3 mm) Fixture Time:}$$

این قسمت بسیار مهم است. در چسب های UV، نور هنگام عبور از ضخامت چسب کاهش پیدا می کند. بنابراین سطح نزدیک منبع نور پخت سریع تر عمق بیشتر انرژی کمتر ← سرعت واکنش کمتر MXBON اعلام می کند که برای ضخامت های ۱ تا ۳ میلی متر با شدت نور 100 mW/cm^2 زمان رسیدن به استحکام تثبیت اولیه حداکثر ۶۰ ثانیه است. نکته بسیار مهم برای طراحی اتصال این داده به معنی این نیست که "هر اتصال ۳ میلی متری در ۶۰ ثانیه کاملاً پخت شده است". بلکه معنی دقیق در این شرایط، اتصال به حداقل استحکام لازم برای ثابت ماندن قطعه می رسد. و برای رسیدن به خواص نهایی باید عواملی مانند ضخامت واقعی لایه چسب، فاصله قطعات (Bonding Gap)، شدت واقعی UV روی سطح قطعه، طول موج منبع نور، شفافیت زیرلایه بررسی شود.

بطور کلی اینطور می شود گفت که MXBON® 41132M دارای سرعت تثبیت بسیار بالا تحت تابش UV است. طبق آزمون ISO 4587، این محصول روی شیشه در شدت 6 mW/cm^2 و طول موج 365 nm ، در کمتر از ۱۵ ثانیه به استحکام تثبیت اولیه 0.1 N/mm^2 می رسد. همچنین روی پلی کربنات، با افزایش شدت تابش تا 100 mW/cm^2 ، زمان تثبیت اولیه به کمتر از ۵ ثانیه کاهش می یابد. برای اتصال های عمیق با ضخامت ۱ تا ۳ میلی متر، زمان تثبیت اولیه حداکثر ۶۰ ثانیه گزارش شده است. این ویژگی امکان مونتاژ سریع، کاهش زمان انتظار و افزایش بهره وری خطوط تولید را فراهم می کند.

سختی Shore D = 62

این عدد نشان می دهد چسب پس از پخت یک لاستیک نرم نیست. یک پلیمر کاملاً شکننده هم نیست. تقریباً در محدوده پلاستیک های مهندسی متوسط قرار دارد. و مزیت آن این هست که در برابر ضربه بهتر از چسب های شیشه ای سخت مقاومت می کند.

مقاومت دمایی

بازه دمایی -54 تا $+149^\circ\text{C}$ نشان می دهد که اتصال برای محیط هایی مناسب است که سیکل حرارتی دارند، قطعات منبسط و منقبض می شوند. اما باید توجه داشت دمای کاری واقعی اتصال به عواملی مانند ضخامت چسب، تنش مکانیکی، زمان قرارگیری در دما وابسته است.

استحکام برشی ISO 4587

Tensile Strength : 11.5 MPa

این مقدار یعنی یک سطح اتصال 1 cm^2 می تواند حدود ۱۱۵ کیلوگرم نیرو را در حالت برشی تحمل کند. اما نکته مهم تر **Substrate Failure** یعنی شکست در خود پلی کربنات رخ داده، نه در چسب. این نشان می دهد چسبندگی از مقاومت خود قطعه بیشتر بوده است.

ویژگی های الکتریکی

ویژگی	استاندارد آزمون	مقدار
استحکام دی الکتریک (Dielectric Strength)	IEC 60250	۲۵ kV/mm
مقاومت حجمی الکتریکی (Volume Resistivity)	IEC 60093	$8.9 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$
ثابت دی الکتریک (Dielectric Constant)	IEC 60250	۴.۸۷
ضریب اتلاف دی الکتریک (Dielectric Dissipation Factor)	IEC 60093	۰.۰۲

تفسیر مهندسی ویژگی های الکتریکی MXBON® 41132M

استحکام دی الکتریک

Dielectric Strength = 25 kV/mm

این مقدار نشان دهنده بیشترین میدان الکتریکی است که ماده قبل از شکست عایقی می تواند تحمل کند. و مقدار آن ۲۵ کیلوولت بر میلی متر یعنی یک لایه یکنواخت از چسب با ضخامت ۱ میلی متر، در شرایط آزمون استاندارد، توان تحمل اختلاف پتانسیل حدود ۲۵,۰۰۰ ولت را قبل از شکست الکتریکی دارد. این ویژگی نشان می دهد که MXBON® 41132M فقط یک ماده اتصال دهنده مکانیکی نیست، بلکه می تواند در طراحی هایی که نیاز به عایق کاری الکتریکی دارند نیز نقش داشته باشد. که البته در طراحی واقعی باید ضخامت واقعی چسب، شرایط محیطی، رطوبت و الزامات ایمنی سیستم در نظر گرفته شود.

کاربردهای احتمالی:

- اتصال قطعات الکترونیکی
- تثبیت سنسورها

- مونتاژ قطعات عایق
- محافظت نقاط اتصال الکتریکی

مقاومت حجمی الکتریکی

$$\text{Volume Resistivity} = 8.9 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$$

این عدد مقاومت ماده در برابر عبور جریان الکتریکی از داخل حجم آن را نشان می‌دهد. مقدار بالا بیانگر این است که چسب پس از پخت، یک عایق الکتریکی بسیار خوب محسوب می‌شود. برای مقایسه مهندسی مواد عایق معمولاً مقاومت حجمی در محدوده 10^{12} تا $10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ دارند. بنابراین مقدار $8.9 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ نشان می‌دهد که MXBON® 41132M توانایی جلوگیری از جریان ناشی الکتریکی را دارد. اما اهمیت آن در قطعات الکترونیکی، این ویژگی کمک می‌کند که اتصال کوتاه ایجاد نشود. جریان‌های ناشی کاهش یابد. عملکرد سنسورها و مدارها تحت تأثیر قرار نگیرد.

ثابت دی الکتریک

$$\text{Dielectric Constant} = 4.87 @ 1 \text{ kHz}$$

ثابت دی الکتریک یا **Relative Permittivity** نشان می‌دهد ماده تا چه اندازه می‌تواند انرژی الکتریکی را در میدان الکتریکی ذخیره کند. و عدد ۴.۸۷ یعنی ظرفیت ذخیره بار الکتریکی این ماده حدود ۴.۸۷ برابر خلأ است. و اهمیت مهندسی آن در طراحی‌های الکترونیکی، این مقدار روی امپدانس مدار، رفتار سیگنال‌های فرکانسی، ظرفیت خازنی ناخواسته اثر می‌گذارد. برای کاربردهای عمومی الکترونیکی، مقدار ۴.۸۷ یک مقدار معمول برای پلیمرهای آلی پخت‌شده محسوب می‌شود.

ضریب اتلاف دی الکتریک

$$\text{Dielectric Dissipation Factor} = 0.02 @ 1 \text{ kHz}$$

این پارامتر میزان انرژی الکتریکی تلف‌شده به شکل گرما در ماده هنگام قرار گرفتن در میدان الکتریکی متناوب را نشان می‌دهد. عدد کمتر یعنی تلفات انرژی کمتر، گرم شدن کمتر، عملکرد بهتر به عنوان عایق و مقدار ۰.۰۲ نشان می‌دهد که MXBON® ۴۱۱۳۲□ در فرکانس ۱ کیلوهرتز دارای تلفات دی الکتریک پایین است.

MXBON® 41132M پس از پخت علاوه بر ایجاد اتصال مکانیکی، دارای خواص عایق الکتریکی مناسب است. مقدار بالای مقاومت حجمی، استحکام دی الکتریک ۲۵ kV/mm و ضریب اتلاف پایین نشان می‌دهد که این محصول برای کاربردهایی که همزمان به اتصال قطعات و جداسازی الکتریکی نیاز دارند، گزینه مناسبی است. این ویژگی‌ها باعث می‌شوند این چسب در کاربردهایی مانند مونتاژ قطعات الکترونیکی، سنسورها، تجهیزات پزشکی، قطعات اپتوالکترونیک، قابل استفاده باشد.

مقاومت شیمیایی / حلالی

Chemical/Solvent Resistance

نمونه‌ها تحت شرایط مشخص شده پیرسازی (Aging) شده و آزمون‌ها در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد انجام شده‌اند. و نتایج به صورت درصد حفظ استحکام اولیه اتصال (% of Initial Strength) گزارش شده است.

محیط آزمون	دما (°C)	۲ ساعت	۲۴ ساعت	۱۷۰ ساعت
آب جوش (Boiling Water)	—	۱۰۰*	۱۰۰*	—
غوطه‌وری در آب (Water Immersion)	۴۹	۱۰۰*	—	—
غوطه‌وری در آب (Water Immersion)	۸۷	۱۰۰*	—	—
غوطه‌وری در ایزوپروپانول (Isopropanol Immersion)	۲۲	—	۹۵	—
گرما / رطوبت (Heat/Humidity)	۳۸	—	—	۱۰۰*

*شکست زیر لایه (Substrate Failure)

قسمت دارای علامت ستاره (*) نشان می‌دهد که در آزمون کشش یا برش، شکست در خود ماده پایه (Substrate) اتفاق افتاده است و نه در لایه چسب. به عبارت دیگر، استحکام چسبندگی MXBON® 41132M از مقاومت مکانیکی قطعه اصلی بیشتر بوده و اتصال چسبی ضعیف‌ترین بخش سیستم نبوده است. پس از قرارگیری نمونه در محیط آبی طبق شرایط آزمون، اتصال همچنان آن قدر قوی بوده که شکست در زیر لایه رخ داده است و لایه چسب دچار شکست نشده است.

ضریب شکست نور

Refractive Index = 1.48

ضریب شکست نور نشان‌دهنده میزان تغییر سرعت و مسیر حرکت نور هنگام عبور از یک ماده نسبت به خلأ است. به عبارت ساده وقتی نور از هوا وارد چسب می‌شود، به دلیل تفاوت سرعت انتشار نور، مسیر آن تغییر می‌کند. مقدار این تغییر با ضریب شکست ماده مشخص می‌شود. ضریب شکست MXBON® 41132M پس از پخت $n=1.48$ است این ویژگی برای کاربردهایی که ظاهر اتصال، عبور نور یا شفافیت اهمیت دارد بسیار مهم است. کاربردهایی نظیر اتصال شیشه به شیشه، اتصال شیشه به پلی‌کربنات، مونتاژ قطعات اپتیکی، لنزها، نمایشگرها، سنسورها اگر ضریب شکست چسب با ماده پایه نزدیک باشد، پراکندگی نور و ایجاد مرز قابل مشاهده بین دو قطعه کاهش پیدا می‌کند.

جهت روشن شدن بهتر ضریب شکست برخی مواد به شرح زیر است

ماده	ضریب شکست تقریبی
هوا	۱.۰۰

آب	۱.۳۳
پلی کربنات (PC)	حدود ۱.۵۸
شیشه معمولی	حدود ۱.۵۰ تا ۱.۵۲
MXBON® 41132M	۱.۴۸

همان‌طور که دیده می‌شود، مقدار ۱.۴۸ بسیار نزدیک به شیشه معمولی است. بنابراین در اتصال‌های شفاف شیشه‌ای تغییر مسیر نور کمتر می‌شود. خط اتصال کمتر دیده می‌شود. ظاهر نهایی بهتر خواهد بود. و ارتباط با مکانیزم UV Cure باید گفت که در چسب‌های UV، شفافیت یک ویژگی کلیدی است، زیرا نور باید از داخل لایه عبور کند تا واکنش پخت انجام شود. ضریب شکست مناسب همراه با شفافیت نوری باعث می‌شود نور UV بهتر در ساختار چسب نفوذ کند. اتصال‌های شفاف کیفیت ظاهری بهتری داشته باشند. برای قطعات اپتیکی مناسب‌تر باشد اما محدودیت مهندسی هم داریم که ضریب شکست به تنهایی نشان‌دهنده کیفیت اپتیکی کامل نیست. برای انتخاب در کاربردهای حساس باید پارامترهای دیگری نیز بررسی شوند:

- میزان عبور نور (Light Transmission)
- زردشدگی در طول زمان (Yellowing Resistance)
- پایداری UV
- حباب‌های داخل لایه چسب
- ضخامت لایه اتصال