

Лекція 5. Органічне скло і оптичні клеї

1. Оптичні полімери

Полімерами (органічним склом) називають хімічні сполуки молекули, якого складаються з великого числа атомних угруповань з'єднаних хімічними зв'язками в довгі ланцюги. По будові вони поділяються на лінійні і сітчасті. В оптичному виробництві полімери застосовують для виготовлення оптичних деталей невідповідального призначення, а також для виготовлення оптичних клеїв.

Більшість полімерів використовуваних в оптичному приладобудуванні – це поліметилметакрилат, полістирол, полікарбонат, які є аморфними термопластами і знаходяться при кімнатній температурі в склоподібному стані. При підвищенні температури полімери переходять зі склоподібного стану у високо еластичний, а потім у в'язко текучий. При зниженні температури проходять усі три стадії в зворотному напрямку.

Термореактивні полімери при підвищенні температури полімеризуються і набувають сітчастої структури. Процес затвердіння цих полімерів необоротний, тобто прийнявши при нагріванні визначену форму, вони надалі не змінюють свого стану. До позитивних характеристик органічного скла відносять: низьку щільність, малу крихкість і невисоку вартість. Недоліки: невисока оптична однорідність, низька твердість і абразивостійкість, мала теплостійкість, високий коефіцієнт термічного розширення (у 10 разів більше, ніж у скла), здатність накопичувати статичну електрику, природне старіння (жовтіння).

Показник заломлення n_e полімерів знаходиться від 1,49 до 1,58, а коефіцієнт дисперсії ν від 57,6 до 29,9. Дослідження показали, що структура полімерів являє собою складні надмолекулярні утворення у виді глобул, дондритів і доменів, що є однією з причин оптичної неоднорідності. Іншою причиною оптичної неоднорідності органічного скла вважають ефект подвійного променезаломлювання, який виникає через орієнтацію полімерних молекул і наявність залишкового полімеру, що має показник заломлення який значно відрізняється від основного полімерного середовища.

Полімери прозорі у видимій і ближній інфрачервоній області спектра. У довгохвильовій області вони прозорі тільки у вузьких ділянках спектра.

2. Оптичні клеї

Для склеювання оптичних деталей між собою використовують спеціальні оптичні клеї, що повинні мати наступні властивості:

- 1) Високий ступінь прозорості, чистоту, оптичну однорідність;
- 2) Відповідність показника заломлення значенню однієї з деталей, що з'єднуються;
- 3) Перехід у твердий стан без деформації деталей;
- 4) Високу механічну стійкість, волого -, термо -, морозостійкість з'єднання.

У залежності від функціонального призначення компонента, що склеюється, і умов його роботи, значимість умов різна. Чисельні значення параметрів оптичних клеїв приведені нижче в таблиці.

Бальзам — це клей одержуваний шляхом переробки живиці, пихтових дерев, до складу яких входить скипидар, каніфоль, летучі ефірні олії. Бальзам може бути двох видів: звичайний і пластифікований. Пластифікатор вводять для підвищення пластичності клею і стійкості з'єднання, що склеюється, в умовах низьких температур. Властивості бальзаму характеризують твердістю, кількісно її оцінюють числом пенетрації, вираженим у сотих частках міліметра, глибиною занурення голки пенетрометра в речовину в стандартних умовах іспитів. По твердості бальзам розділений на наступні групи:

ВТ – дуже твердий;

Т – твердий;

С – середній;

М – м'який;

ВМ – дуже м'який.

По цій же ознаці бальзам розділений на марки. Основні недоліки клею:

- 1) Вузький температурний інтервал, у якому можуть працювати деталі;
- 2) Їхня деформація, що виникає при склеюванні;
- 3) Порушення центрування.

Позитивні якості – це здатність витримувати велике число розплавлювань без істотної зміни властивостей, можливість зменшення деформації склеєного компонента його відпаленням (нагрівши до $+60^{\circ}\text{C}$) і наступним охолодженням зі швидкістю $0,5^{\circ}\text{C}$ в годину. Клей застосовують для з'єднання лінз малих розмірів.

Бальзамін – це продукт часткової полімеризації карбінолу. Може знаходитися в рідкому, в'язкому і твердому стані. Рідкий бальзамін – це напівфабрикат в'язкого,

одержують перегонкою карбінолу у вакуумі. Твердий бальзамін одержують після склеювання деталей у ході подальшої полімеризації. Світло і тепло прискорюють цей процес. Бальзамін застосовують для з'єднання деталей, що стійкі до деформації, яка виникає при склеюванні деталей, які відповідно до умов експлуатації повинні витримувати динамічне навантаження, вібрацію, тепловий удар, низькі і високі температури. Деталі, що з'єднуються не потребують попереднього нагрівання, але для прискорення процесу полімеризації компоненти клею нагрівають при температурі $60^{\circ} - 70^{\circ} C$. Повна полімеризація відбувається протягом доби при температурі $25^{\circ} - 30^{\circ} C$. Найбільша міцність з'єднання має місце при товщині шару клею $0,005 - 0,006$ мм. У твердому стані бальзамін не розчинний у бензині, гасі, оліях. Неправильно склеєні деталі можна роз'єднати ударом по шву з'єднання при зниженій температурі ($-10 \div 20^{\circ} C$), охолодженням рідким повітрям чи нагріванням до $200^{\circ} C$. Основні негативні якості бальзаміну – оптична неоднорідність, мала еластичність.

Бальзамін-М відрізняється від розглянутого вище компонентами окислювально-відновної системи, що відіграють роль ініціатора і прискорювача полімеризації. Завдяки їх високій каталітичній активності процес полімеризації клею йде при температурі $18 - 26^{\circ} C$. Він оптично однорідний; застосовують для з'єднання деталей будь-якого розміру і відношення товщини до діаметру, деталей зі світлоділильними покриттями, світлофільтрів, поляроїдів. Деталі, що склеюються, не нагрівають і після з'єднання термообробці не піддають.

Клей акриловий – розчин низькомолекулярного сополімеру метил-, і бутилметакрилата в ксилолі. Застосовують для склеювання поляроїдів, деталей із силікатного скла, кальциту, квасців, світлофільтрів і клинів з желатиновими і полівініловими плівками, а також для з'єднання деталей зі скла з металами (крім олова, хрому, інвару, ковара). Склеюванні деталі, не нагрівають, тому їхня деформація при висиханні клею незначна. Для підвищення механічної міцності з'єднання шар висушують при $50 - 90^{\circ} C$ до повного випаровування розчинника. Розклеювання компонента здійснюють зануренням у ацетон чи ксилол, а також нагріванням до $120 - 150^{\circ} C$.

Клей УФ-235М – розчин полімеру моновінілацетлу в циклогексанолі. Використовують для з'єднання деталей з матеріалів, прозорих в УФ області спектра від 220 нм. Склеюванні деталі, повинні бути нагріті до $60^{\circ} C$, а клей до $90^{\circ} C$ для видалення з

нього пухирців повітря. Компонент розклеюють зануренням в етиловий спирт чи нагріванням до 120°C .

Клей ОК-60 – розчин кремнійорганічної смоли в тетрахлоретані. Його застосовують для склеювання деталей із кристалів, прозорих у видимій і ІК областях спектра (до 8 мкм). Компонент сушать при кімнатній температурі протягом 24 г., потім для видалення розчинника прогрівують 2 г. при 120°C . Розклеюють з'єднання зануренням в ацетон на 6 – 7 г.

Клей ОК-50 – розчин поліамінів, що виконують роль отвердителя, у рідкій модифікації діанової епоксидної смоли. Його застосовують для склеювання деталей, які працюють у вологому тропічному кліматі і стикаються з морською водою, для з'єднання скла з металом (крім олова, хрому, інвару, коvara). Гарна адгезія клею до скла визначає високу механічну міцність з'єднання. Мала еластичність обмежує різницю коефіцієнтів термічного розширення матеріалів, що з'єднуються. Твердіє клей при кімнатній температурі і деформації деталей не викликає. При достатній твердості їхньої конструкції, чи ненормованій величині деформації, склеєний компонент для прискорення процесу полімеризації клею і отримання їм волого -, водостійкості прогрівують при 60°C протягом 3 – 5 г.

Клей ОК-72Ф – розчин, який являє собою суміш двох компонентів: епоксидної смоли ЭД-5, розчиненої у фенілгліцидному ефірі і вератоні, і певної фракції поліетиленполіамінів, модифікованої фенілгліцидним ефіром. Використовують для склеювання деталей із кристалів, зі скла з різними покриттями, деталей, що працюють в умовах вологого тропічного клімату, з'єднання скла з металом, для герметизації міжфасочного простору деталей, склеєних бальзаміном і бальзамом при подальшому запресуванні компонента в оправу. Твердіє клей при кімнатній температурі і деформації деталей не викликає.

Клей ММА – суміш двох розчинів епоксидної смоли в перегнаному мономері метилметакрилату. Один з них містить триаллілціанурат і диметилапілін, інший перекис бензолу. Тривалість робочого стану клею після змішування компонентів – близько 20 хв. Полімеризується при кімнатній температурі і деформації деталей не викликає. Клей не токсичний. Використовують його для з'єднання деталей зі скла діаметром до 900 мм, що працюють у різних кліматичних умовах.

Сплав ТКС-1 – термопластичний клей, використовуваний для з'єднання деталей з матеріалів з коефіцієнтами заломлення $n_e > 2$ (арсенід і антимонід індію, германій, кремній, скло ИКС-24, ИКС-26, ИКС-30 і ін.), однаковими коефіцієнтами термічного розширення і деталей які допускають можливість нагрівання до 170 ° С.

Параметр	Бальзамін	ОК-50П	ОК-72Ф	ОК-90	ОК-60	Бальзамін-М	Бальзам	Акриловий клей	УФ-235М
Зовнішній вигляд	Прозора рідина слабого жовтого кольору					Прозора безколірна речовина.			
						Рідке	Тверде	Рідке	Студене
Чистота	В 5 см. клею допускається не більше 10 пилинок (ворсинок), які видно при 6* збільшенні в пучку, що сходиться на темному фоні.								
Період робочого стану, г.	2-3 при 18-20°C	0,5	0,6-0,8	5 при 18-20°C	Не обмежена	0,6 при 18-20°C	До 8 в розплаві	Не обмежена при герметизац	Не обмежена
В'язкість при 20°C, Па·с	0,2-0,5	0,2-0,5	0,35-0,5	0,2	0,2-0,26	0,2-0,5		0,2-0,5	Не регламентована
Допустиме Δα склеюваного скла	До 30·10 ⁻⁷	До 60·10 ⁻⁷	Більш 60·10 ⁻⁷	60·10 ⁻⁷	До 30·10 ⁻⁷	До 60·10 ⁻⁷		До 30·10 ⁻⁷	До 60·10 ⁻⁷
η _D твердого клею при 20°C	1,5191±0,002	1,5801±0,002	1,586±0,002	1,5411±0,001	1,5151±0,002	1,518±0,001	1,53±0,01	1,4861±0,001	1,462±0,002

Продовження таблиці 5.1

Параметр	Бальзамін	ОК-50П	ОК-72Ф	ОК-90	ОК-60	Бальзамін -М	Бальзам	Акриловий клей	УФ-235М
Міцність на розрив 10^{-5} Па	40-60	100	100-130	160	35	40-60	40-60	100	40-60
Теплостійкість, °C	+80	+130		+200	+150	+120	+50	+80	+50
Морозостійкість, °C (не менш)	-60	-170		-120	-60	-90	-60		
Вологостійкість при 98% відносної вологості і температурі 30-40° C, діб.	8-10	7-10	70	20	Не стійкий	6-8	5-7		Більш 30
Усадка, %	14,0	6,5-7	3,6	8,0	14,5	10,5	Не регламен тована	40-50	40-60
Термоудар в діапазоні від +50 до -60° C, циклів (не менш)	5	30	45	5	5	10	-	-	-