

Лекция 5. Органические стёкла и оптические клеи

1. Оптические полимеры.

Полимерами (органическими стёклами) называют химические соединения молекулы, которое состоят из большого числа атомных группировок соединённых химическими связями в длинные цепи. По строению они делятся на линейные и сетчатые. В оптическом производстве полимеры применяют для изготовления оптических деталей неотвеченного назначения, а также для изготовления оптических клеев.

Большинство полимеров используемых в оптическом приборостроении – это полиметилметакрилат, полистирол, поликарбонат, которые являются аморфными термопластами, находящимися при комнатной температуре в стеклообразном состоянии. При повышении температуры полимеры переходят из стеклообразного состояния в высокоэластичные, а затем в вязкотекучее. При понижении температуры проходят все три стадии в обратном направлении.

Термореактивные полимеры при повышении температуры полимеризуются и приобретают сетчатое строение. Процесс затвердения этих полимеров необратим, т.е. приняв при нагревании определённую форму, они в дальнейшем не изменяют своего состояния. К положительным характеристикам органических стёкол относят: низкую плотность, малую хрупкость и невысокую стоимость. Недостатки: невысокая оптическая однородность, низкая твёрдость и образивостойкость, малую теплостойкость, высокий коэффициент термического расширения (в 10 раз больше, чем у стекла), способность накапливать статическое электричество, естественное старение (желтение).

Показатель преломления n_e полимеров находится от 1,49 до 1,58, а коэффициент дисперсии ν от 57,6 до 29,9. Исследования показали, что структура полимеров представляет собой сложные надмолекулярные образования в виде глобул, дондритов и доменов, являющиеся одной из причин оптической неоднородности. Другой причиной оптической неоднородности органического стекла считают эффект двойного лучепреломления, вызываемый ориентацией полимерных молекул и наличие остаточного полимера, имеющего показатель преломления значительно отличающийся от основной полимерной среды.

Полимеры прозрачны в видимой и ближней инфракрасной области спектра. В длинноволновой области они прозрачны только в узких участках спектра.

2. Оптические клеи.

Для склеивания оптических деталей между собой используют специальные оптические клеи, которые должны иметь следующие свойства:

- 1) Высокую степень прозрачности, чистоту, оптическую однородность;
- 2) Соответствие показателя преломления значению одной из соединяемых деталей;
- 3) Переход в твёрдое состояние без деформации деталей;
- 4) Высокую механическую стойкость, влаго-, термо-, морозостойкость соединения.

В зависимости от функционального назначения склеиваемого компонента и условий его работы, значимость условий различно. Численные значения параметров оптических клеев приведены ниже в таблице.

Бальзам — это клей получаемый путём переработки живицы, пихтовых деревьев, в состав которых входит скипидар, канифоль, летучие эфирные масла. Бальзам может быть двух видов: обычный и пластифицированный. Пластификатор вводят для повышения

пластичности клея и устойчивости склеиваемого соединения в условиях низких температур. Свойства бальзама характеризуют твёрдостью, количественно её оценивают числом пенетрации, выраженным в сотых долях миллиметра, глубиной погружения иглы пенетromетра в вещество в стандартных условиях испытаний. По твёрдости бальзам разделён на следующие группы:

ВТ – весьма твёрдый;

Т – твёрдый;

С – средний;

М – мягкий;

ВМ – весьма мягкий.

По этому же признаку бальзам разделён на марки. Основные недостатки клея:

1) Узкий температурный интервал, в котором могут работать детали;

2) Их деформация, возникающая при склеивании;

3) Нарушение центровки.

Положительные качества – это способность выдерживать большое число расплавлений без существенного изменения свойств, возможность уменьшения деформации склеенного компонента его отжигом (нагрев до $+60^{\circ}\text{C}$) и последующим охлаждением со скоростью $0,5^{\circ}\text{C}$ в час. Клей применяют для соединения линз малых размеров.

Бальзамин – это продукт частичной полимеризации карбинола. Может находиться в жидком, вязком и твёрдом состоянии. Жидкий бальзамин – это полуфабрикат вязкого, получают перегонкой карбинола в вакууме. Твёрдый бальзамин получают после склеивания деталей в ходе дальнейшей полимеризации. Свет и тепло ускоряют этот процесс. Бальзамин применяют для соединения деталей, которые устойчивы к деформации, возникающей при склеивании деталей, а также которые в соответствии с условиями эксплуатации должны выдерживать динамическую нагрузку, вибрацию, тепловой удар, низкие и высокие температуры. Соединяемые детали предварительного нагрева не требуют, но для ускорения процесса полимеризации клея компоненты нагревают при температуре $60^{\circ} - 70^{\circ}\text{C}$. Полная полимеризация происходит в течение суток при температуре $25^{\circ} - 30^{\circ}\text{C}$. Наибольшая прочность соединения имеет место при толщине слоя клея $0,005 - 0,006$ мм. В твёрдом состоянии бальзамин не растворим в бензине, керосине, маслах. Неправильно склеенные детали можно разъединить ударом по шву соединения при пониженной температуре ($-10 \div 20^{\circ}\text{C}$), охлаждением жидким воздухом или нагревом до 200°C . Основные отрицательные качества бальзамина – оптическая неоднородность, малая эластичность.

Бальзамин-М отличается от рассмотренного компонентами окислительно-восстановительной системы, которые играют роль инициатора и ускорителя полимеризации. Благодаря их высокой каталитической активности процесс полимеризации клея идёт при температуре $18 - 26^{\circ}\text{C}$. Он оптически однороден; применяют для соединения деталей любого размера и отношения толщины к диаметру, деталей со светоделительными покрытиями, светофильтров, поляризов. Склеиваемые детали не нагревают и после соединения термообработке не подвергают.

Клей акриловый – раствор низкомолекулярного сополимера метил-, и бутилметакрилата в ксилоле. Применяют для склеивания поляризов, деталей из силикатного стекла, кальцита, квасцов, светофильтров и клиньев с желатиновыми и поливиниловыми плёнками, а также для соединения деталей из стекла с металлами (кроме олова, хрома, инвара, кобальта). Склеиваемые детали не нагревают, поэтому их деформация при высыхании клея незначительна. Для повышения механической прочности соединения слой высушивают при $50 - 90^{\circ}\text{C}$ до полного испарения растворителя. Расклеивание компонента осуществляют погружением в ацетон или ксилол, а также нагревом до $120 - 150^{\circ}\text{C}$.

Клей УФ-235М – раствор полимера моновинилацелата в циклогексаноле. Используют для соединения деталей из материалов, прозрачных в УФ области спектра от 220 нм. Склеиваемые детали должны быть нагреты до 60°C , а клей до 90°C для удаления из него пузырьков воздуха. Компонент расклеивают погружением в этиловый спирт или нагревом до 120°C .

Клей ОК-60 – раствор кремнийорганической смолы в тетрахлорэтаноле. Его применяют для склеивания деталей из кристаллов, прозрачных в видимой и ИК областях спектра (до 8 мкм). Компонент сушат при комнатной температуре в течение 24 ч, затем для удаления растворителя прогревают 2 ч при 120°C . Расклеивают соединение погружением в ацетон на 6 – 7 ч.

Клей ОК-50 – раствор полиаминов, выполняющих роль отвердителя, в жидкой модификации диановой эпоксидной смолы. Его применяют для склеивания деталей, работающих во влажном тропическом климате, соприкасающихся с морской водой, для соединения стекла с металлом (кроме олова, хрома, инвара, кобальта). Хорошая адгезия клея к стеклу определяет высокую механическую прочность соединения. Малая эластичность ограничивает разность коэффициентов термического расширения соединяемых материалов. Твердеет клей при комнатной температуре и деформации деталей не вызывает. При достаточной жёсткости их конструкции, или ненормируемой величине деформации, склеенный компонент для ускорения процесса полимеризации клея и приобретения им влаго-, водостойкости прогревают при 60°C в течение 3 – 5 ч.

Клей ОК-72Ф – раствор представляющий собой смесь двух компонентов: эпоксидной смолы ЭД-5, растворённой в фенилглицидном эфире и вератоне, и определённой фракции полиэтиленполиаминов, модифицированной фенилглицидным эфиром. Используют для склеивания деталей из кристаллов, из стекла с различными покрытиями, деталей, работающих в условиях влажного тропического климата, соединения стекла с металлом, для герметизации межфасочного пространства деталей, склеенных бальзаминол и бальзамом при последующей закатке компонента в оправы. Твердеет клей при комнатной температуре и деформации деталей не вызывает.

Клей ММА – смесь двух растворов эпоксидной смолы в перегнанном мономере метилметакрилата. Один из них содержит триаллилцианурат и диметилапилин, другой перекись бензола. Продолжительность рабочего состояния клея после смешивания компонентов – около 20 мин. Полимеризуется при комнатной температуре и деформации деталей не вызывает. Клей не токсичен. Используют его для соединения деталей из стекла диаметром до 900 мм, работающих в различных климатических условиях.

Сплав ТКС-1 – термопластический клей, используемый для соединения деталей из материалов с коэффициентами преломления $n_c > 2$ (арсенид и антимонид индия, германий, кремний, стекла ИКС-24, ИКС-26, ИКС-30 и др.), одинаковыми коэффициентами термического расширения и допускающими нагрев до 170°C .

Таблица 5.1 Свойства оптических клеев

Параметр	Бальзамин	ОК-50П	ОК-72Ф	ОК-90 _{пл}	ОК-60	Бальзамин-ж	Бальзам	Акриловый клей	УФ-235М
Внешний вид	Прозрачная жидкость слабо желтого цвета					Прозрачное бесцветное вещество			
Чистота	В 5 см ³ клея допускается не более 10 пылинок (ворсинок), видимых при 6* увеличении в сходящемся пучке на темном фоне					Жидкое	Твердое	Жидкое	Студенистое
Продолжительность рабочего состояния, ч	2—3 при 18—20°С	0,5	0,6—0,8	5 при 18—20°С	Нсогра-ниченое время	0,6 при 18—20°С	До 8 в расплаве	Нсогра-ничена при герметизации	Нсогра-ничена
Вязкость при 20°С, 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 ретламс-тирована
Допустимое Δα склеиваемых стекол	До 30·10 ⁻⁷	До 60·10 ⁻⁷	Более 60·10 ⁻⁷	До 60·10 ⁻⁷	До 30·10 ⁻⁷	До 60·10 ⁻⁷	До 30·10 ⁻⁷	До 60·10 ⁻⁷	До 60·10 ⁻⁷
n _D 20°С	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

Продолжение таблицы 5.1

Параметр	Бальзамин	ОК-50П	ОК-72Ф	ОК-90 _{пл}	ОК-60	Бальзамин-Ж	Бальзам	Акриловый клей	УФ-235М
Прочность на разрыв, 10 ⁻⁶ Па	40—60	100	100—130	160	35	40—60	40—60	100	40—60
Теплостойкость, °С	+80	+130	+130	+200	+150	+120	+50	+80	+50
Морозостойкость, °С (не менее)	—60	—170	—120	—60	—90	—60	—60	—60	—60
Влагостойкость при 98% относительной влажности и температуре 30—40°С, сут.	8—10	7—10	70	20	Не стоек	6—8	5—7	Более 30	Более 30
Усадка, %	14,0	6,5—7	3,6	8,0	14,5	10,5	Не регламентирована	40—50	40—60
Термодар в интервале от +50 до —60°С, циклов (не менее)	5	30	45	5	5	10	—	—	—