БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

кафедра электронной техники и технологии

РЕФЕРАТ

на тему:

«**Соединение оптических деталей**»

МИНСК, 2008

**СПОСОБЫ СОЕДИНЕНИЯ**

Компоненты некоторых узлов оптических систем (объективы, окуляры, оборачивающие системы, ахроматические клинья, сложные призмы, зеркальные отражатели, светофильтры, поляроиды, сетки и т.п.) соединяют вместе в моноблоки. Это позволяет улучшить технологичность конструкций и эксплуатационные характеристики оптических систем.

Применяют такие способы соединения, как склеивание, спекание, оптический контакт, сваривание и паяние. Любой из этих способов должен удовлетворять следующим требованиям: не изменять оптические свойства соединенных деталей, обеспечивать достаточную механическую, химическую, термическую и световую прочность соединения.

Большинство оптических деталей соединяют путем склеивания. Для склеивания оптических деталей, изготовленных из неорганических и органических стекол всех марок, ситаллов, кристаллов, а также для склеивания оптических деталей с металлическими ГОСТ 14887 предусматривает специальные виды оптических клеев.

Оптические клеи, кроме бальзама (природный термопластичный материал) являются синтетическими термоактивными материалами и представляют собой вязкие и прозрачные растворы низко- и высокомолекулярных веществ в органических растворителях без добавок или с добавками отвердителей. Клеи на основе пластичных полимеров не обеспечивают высоких механических характеристик и плохо работают при повышенных температурах вследствие обратимости процессов и расплавления.

Клеи на основе термоактивных полимеров независимо от того, происходит твердение при полимеризации или при поликонденсации, дают высокопрочные, холодно- и теплостойкие соединения.

Клеящая способность неорганических клеев объясняется тем, что она связана с многими явлениями: механическими, абсорбцией, диффузией, электростатическими и химическими взаимодействиями. В определенных условиях каждое явление по-разному влияет на прочность клеевого соединения.

Взаимное спекание твердых тел, контактирующих вдоль участка поверхности, сопровождается образованием устойчивых физических связей между телами, что определяет механическую прочность соединения.

Оптический контакт двух полированных поверхностей обусловлен силами молекулярного взаимодействия контактируемых тел. Поскольку активная площадь оптического контакта не превышает 30 % общей площади соединения, то для увеличения площади взаимодействия необходима дополнительная дисперсионная среда.

Наличие на поверхностях паров воды или тонкой пленки создает условие подвижности частиц, включая в образование элементарных контактов броуновское движение, что позволяет осуществить контакт небольшой площади. Наличие пленки воды образует водородные связи между молекулами воды и атомами кислородного твердого тела. Создание на поверхностях полярных адгезионно-активных функциональных групп улучшает совместимость поверхностей соединяемых деталей.

Соединение деталей, осуществляемое при расплавлении материала поверхностей до жидкой фазы с последующим охлаждением, называется свариванием. С физико-химической точки зрения соединение является однородным, поскольку между атомами в поверхностных слоях свариваемых деталей возникают такие же ковалентные связи, какими связаны атомы в объеме стекла.

**МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ**

**Клеи.** В последнее время широко развивается производство клеев различных видов и типов, применяющихся в оптической промышленности.

*Бальзам пихтовый* типов О и Оп – клей, получаемый в результате переработки смолы (живицы) пихтовых деревьев, в состав которой входят скипидар, канифоль и летучие эфирные масла. Бальзам может быть обычный (О) и пластифицированный (Оп). В качестве пластификатора применяют льняное или вазелиновое масло, добавка которого увеличивает пластичность клея. Благодаря этому повышается его морозостойкость. При нормальной температуре бальзам находится в твердом состоянии.

По твердости бальзам делится на следующие группы: весьма твердый (ВТ), твердый (Т), средний (С), мягкий (М), весьма мягкий (ВМ), которые по этому же признаку разделены на марки. Положительными свойствами бальзамов являются способность выдерживать большое число расплавлений и затвердеваний без существенного изменения свойств, легкость расклейки склеенных деталей, возможность уменьшения деформации склеенного соединения путем его отжига, относительно малое время процесса склеивания.

К недостаткам клея относятся узкий температурный интервал, в котором может работать соединение, нарушение центрирования при неравномерной закатке в оправе, самопроизвольное относительное смещение склеенных деталей при повышении температуры.

Эти особенности клея ограничивают области его применения. Бальзам применяется для склеивания оптических деталей, точная центрировка которых обеспечивается индивидуальным креплением и фиксацией в оправах, шкал и сеток с фотослоем, микрооптики. Расклеивание осуществляют постепенным нагреванием в термостате.

Применение синтетических клеев, не имеющих недостатков, свойственных бальзаму, позволило значительно расширить возможности этого способа соединения оптических деталей между собой.

*Бальзамин* – соединение бальзамина-мономера и перекиси бензоила, являющейся инициатором полимеризации клея. Жидкие компоненты хранятся отдельно друг от друга. Перед нанесением их смешивают для получения оптически однородного состава, частично они полимеризуются (при температуре 50-60 °С до вязкости 0,2-0,5 Па\*с).

Бальзамин применяют для склеивания оптических деталей, в условиях эксплуатации подвергающихся динамическим нагрузкам, тепловым ударам. Во избежание деформации склеиваемых тонких оптических деталей отношение их толщины к диаметру должно быть не менее 1:10. Соединение деталей со светоделительными покрытиями ограниченно.



Процесс полимеризации клея может происходить как при нормальной, так и при повышенной (30-70 °С) температуре. При температуре 25-30 °С полная полимеризация заканчивается через сутки. Наибольшая прочность соединения достигается уменьшением толщины клеящего слоя нескольких микрометров.

К основным недостаткам бальзамина относятся оптическая неоднородность и малая эластичность. Поскольку затвердевший слой нерастворим в бензине, керосине и маслах, то неправильно склеенные детали расклеивают ударом деревянного молотка по цилиндрической образующей или шву соединения при пониженной до 10-20 °С температуре или, наоборот, нагревом до 200 °С. При этом возможно раскалывание линзы.

*Бальзамин-М* – соединение исходных компонентов бальзамина мономера, инициатора и успокоителя и ускорителя полимеризации. Перед употреблением из указанных компонентов приготовляют два раствора. Первый раствор состоит из смеси бальзамина-мономера и продукта 23, второй – из бальзамина-мономера и диметиламинобензольдегида.

Бальзамин-М применяют для склеивания оптических деталей с отношением толщины к диаметру не менее 1:10, деталей со светоделительными покрытиями, светофильтров и поляроидов. Процесс полимеризации происходит при температуре 18-26 °С в течение1-3 суток.



*Клей акриловый* – раствор низкомолекулярного сополимера метил- и бутилметакрилата в ксилоле с добавкой бензоила. Вязкость клея подбирается изменением количества вводимого в состав ксилола.

Акриловый клей применяют при температуре 18-26 °С для склеивания линз, призм и других оптических деталей диаметром до 30 мм (только в приборах, не допускающих люминесценции), поляризационных призм из кальцита, светофильтров и клиньев с желатиновыми пленками, поляроидов с поливиниловыми пленками, оптических деталей из квасцов, а также для приклеивания стеклянных оптических деталей к металлу.

Для повышения механической прочности соединения склеенных компонентов их высушивают при температуре 50-60 °С в течение 5-6 суток или при температуре 80-90 °С в течение 3-4 суток. Расклеивание осуществляют погружением в ацетон или ксилол, а также нагревом до 120-150 °С.

*Клей ОК-72ФТ5 ОК-72ФТ15* – растворы смоляного компонента и отвердителя, содержащего эпоксидную смолу ЭД-20 в фенилглицидном эфире и териноне – компонент АФТ и диэтилентриамин, модифицированный фенилглицидным эфиром – компонент БФ.

Клей приготовляют перед склеиванием. Для этого компоненты АФТ и БФ смешивают в различных соотношениях, обеспечивающих предельные свойства клея.

Клей ОК-72ФТ5 применяется для склеивания деталей приборов, работающих в средней климатической зоне, на севере, в сухих и влажных тропиках.

Клей ОК-72ФТ15  применяют для склеивания оптических деталей, которые имеют различные ТКЛР, что обеспечивает отсутствие деформации склеенных поверхностей при температуре от -60 до 80 °С, а также для герметизации склеивающих слоев (швов). Для придания склеивающему слою влагостойкости и повышенной механической прочности склеенные детали диаметром до 60 мм через сутки прогревают в термостате при температуре 65 °С в течение 5 ч, а детали больших размеров в течение 7 ч.

*Клей ОК-90П* – ненасыщенная полиэфирная смола ПН-3, модифицированная силаном, для полимеризации которой используют окислительно-восстановительную среду – гидроперекись изопропиленбензола и ванадиевый ускоритель. В качестве пластификатора в состав вводится 20 % диметилфталата. Клей применяют для склеивания крупногабаритных деталей диаметром 250-600 мм, имеющих малую разность ТКЛР. Склеивание выполняют при температуре 18-26 °С с выдержкой при этой же температуре в течение 5 суток. Клей ОК-90М (модификация клея ОК-90П) применяется для тех же целей.

*Клей УФ-235М* – раствор полимера винилацетата в циклогексаноле. Применяется для склеивания деталей из увиолевого и кварцевого стекла, фтористого кальция, фтористого лития и других кристаллов, прозрачных в УФ области спектра λ<220 нм.

При склеивании детали прогревают до 60 °С, а клей до 100 °С. Склеенные детали прогревают при температуре 75 °С в течение 2 суток, после чего температуру повышают до 95 °С и выдерживают детали в течение суток. *Клей ОК-60*, представляющие собой раствор кремнийорганической смолы К-40 в тетрахлорэтилене, применяют для склеивания деталей из фтористого кальция, хлористого натрия, бромистого калия и других кристаллов, прозрачных в ИК области, имеющих малую разность ТКЛР. Склеивание выполняют при температуре 18-26 °С с прогревом через сутки при температуре 120 °С в течение 2ч.

*Клей ММА и ММАк* – смесь двух растворов эпоксидной смолы ЭД-20 в мономере полиметилметакрилата. Клей ММА применяют для склеивания деталей диаметром до 250 мм с большой разностью ТКЛР, работающих в средней климатической зоне, на севере, в сухих и влажных тропиках.

Клей ММАк применяют для склеивания крупногабаритных деталей диаметром 250-600 мм с целым ТКЛР. Склеивание выполняют при температуре 18-26 °С с выдержкой при этой же температуре в течение 5 суток.

**ТЕХНОЛОГИЯ СОЕДИНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ**

**Соединение склеиванием.** Наиболее распространенным способом соединения оптических деталей между собой является их склеивание. Выбор марки клея, технологии склеивания и дополнительной термической обработки определяется размерами и материалом склеиваемых деталей, качеством сопрягаемых поверхностей (погрешностью напряжения поверхностей и чистотой поверхностей ), техническими требованиями к соединению, свойствами клея.



Обычно технологический процесс склеивания оптических деталей включает следующие основные операции: подготовку деталей к склеиванию, подготовку клея, нанесение клея, взаимную юстировку склеиваемых деталей и фиксацию найденного положения, удаление клея с боковых поверхностей, выдержку склеенного соединения в заданных условиях, контроль.

1. Подготовка деталей состоит из двух последовательно выполняемых операций – комплектации деталей и чистки склеиваемых поверхностей органическими растворителями. Комплектация линз снижает суммарную погрешность толщин склеиваемых линз и тем самым обеспечивает получение заданных значений фокусных отрезков и качества изображения. При комплектации линз должны быть выполнены следующие условия:

а) алгебраическая сумма отклонений толщин отдельных линз двухлинзового комплекта должна быть минимальной и удовлетворять требованиям чертежа. У трехлинзовых комплектов отклонение толщины одной из линз должно быть равно по абсолютному значению и противоположно по знаку сумме отклонений толщин двух других.

Для обеспечения условий комплектации склеенных таким образом двух- или трехлинзовых комплектов с другими элементами оптической системы компоненты должны иметь определенные (по знаку) отклонения от номинала;

б) точность сопряжения склеиваемых поверхностей должна быть .



Соединяемые поверхности линз промывают, чистят, накладывают одну на другую и комплектами устанавливают на строго выставленную по горизонту плоскость.

Комплектация призм по углам снижает погрешности углов отклонения лучей, других геометрических параметров, повышает качество изображения за счет снижения хроматизма.

1. Подготовка клея зависит от выбранной марки клея. Пробирки с бальзамом нагревают в водяной бане до температуре 130-135 °С. Синтетические клеи, состоящие из нескольких компонентов, тщательно смешивают в пробирке с помощью механического смесителя.
2. Нанесение клея осуществляется с помощью стеклянной палочки – капельницы на верхнюю вогнутую поверхность нижней линзы. Затем накладывается верхняя линза и деревянной рукояткой с замшей или пробковой шайбой плавно круговыми движениями притирается к нижней. При этом пузырьки воздуха выдавливаются вместе с избытком клея. Оптимальная толщина слоя клея составляет 0,005-0,01 мм. Избыток клея удаляется салфеткой, смоченной органическими растворителями.
3. Юстировку и фиксацию найденного положения деталей для совмещения оптической оси склеенного линзового комплекта с геометрической осью нижней – боковой выполняют с помощью центрировочных автоколлимационных микроскопов. Для склеивания пластин, клиньев и призм используют специальные устройства, включающие коллиматоры, зрительные трубы, микроскопы и юстировочные приспособления.
4. Удаление клея с боковых поверхностей склеенных деталей выполняют механическим путем. Иногда дополнительно протирают ватным тампоном, смоченным в растворителе.
5. Выдержка склеенных деталей в заданных условиях производится в термостатах или в помещении под электроламповыми нагревателями.
6. Контроль склеенных деталей выполняют по расклейкам и царапинам, а по точности поверхностей и геометрическим параметрам.

**Соединение запеканием.** Применяют для обеспечения большой стойкости деталей типа кювет к химическим, термическим, механическим воздействиям. Перед спеканием поверхности очищают и протирают органическими растворителями.

Затем с помощью стеклянной палочки на спекаемые поверхности наносят пасту. Взаимная ориентация найденного положения осуществляются на специальных столиках или с помощью струбции.

Температура печи, время и режим спекания и охлаждения печи зависят от марки стекла, размеров деталей и состава пасты.

**Соединение оптическим контактом.** В ряде случаев в целях более точной взаимной ориентации соединяемых деталей применяют оптический контакт. Для этого тщательно очищенные и промытые поверхности сжимаются для удаления между ними воздуха.

Критерием качества соединения является отсутствие световых оттенков и пятен в плоскости контакта, наблюдаемых при боковом освещении.

Для предохранения от самопроизвольного снятия деталей с контакта стыки покрывают лаком или герметиком. Предварительное нанесение на контактируемые поверхности тонкой пленки кремнезема с последующим прогревом при 250 °С делает соединение неразъемным.

Такое соединение носит название “глубокий оптический контакт”, который значительно расширяет область применения оптического контакта, заменяет спекание и сварку.

**Соединение свариванием.** Сваривание кварцевых деталей выполняют в пламени кислородно-водородной горелки при температуре 2000 °С. Высокая температура местного нагрева вызывает кристаллизацию поверхностного слоя, что приводит к деформациям деталей.

**Соединение паянием.** Операция выполняется лазерным излучением, сфокусированным в плоскость шва, содержащего светопоглощающий припой.Для этого используют специальные технологические лазерные установки с возможностью точных перемещений луча вдоль стыка.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Малов А.Н., Законников Обработка деталей оптических приборов. Машиностроение, 2006. - 304 с.
2. Бардин А.Н. Сборник и юстировка оптических приборов. Высшая школа, 2005. - 325с.
3. Кривовяз Л.М., Пуряев Д.Т., Знаменская М.А. Практика оптической измерительной лаборатории. Машиностроение, 2004. - 333 с.
4. Справочник технолога-оптика под редакцией М.А. Окатова, Политехника Санкт-Петербург, 2004. - 679 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х частях. Под редакцией А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. Машиностроение 2001