

УДК 678.04:539.3

М.М.РЕВЯКО, канд.техн.наук,  
А.И.КРЮКОВСКИЙ (БТИ),  
Е.А.РАДЕВИЧ (Минск. фил. МФНТИОП)

## ДЕФОРМИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СИНТЕТИЧЕСКИХ КЛЕЕВ-РАСПЛАВОВ

Улучшение оптических характеристик приборов и уменьшение их веса вызвало необходимость изготовления тонкостенных оптических деталей. Закрепление деталей при обработке в настоящее время осуществляется с помощью наклеечных смол, которые вызывают значительные деформации тонкостенных деталей. Внедрение в технологический процесс клеев-расплавов позволяет значительно повысить производительность труда, отказаться от использования смол и хлопчатобумажных тканей. Клеи-расплавы, выпускаемые по ТУ 6-05-251-154-82, представляют собой смеси низко- и высокомолекулярных веществ: канифоли, парафина, полиэфиров, сополимеров, легирующих и пластифицирующих добавок. Здесь важен подбор рецептуры и технологии изготовления клеев-расплавов.

До настоящего времени вопросу деформации оптических деталей наклееч

ными смолами и клеями-расплавами уделялось недостаточно внимания. Предполагается, что:

остаточные деформации деталей вызываются деформацией клеевой прослойки [1];  
тонкий клеевой слой при усадке не может вызвать деформацию деталей, клей при определенной вязкости лишь фиксирует деформации охлаждаемых деталей [2,3].

При формулировке второго предположения рассматривалась система, состоящая из толстостенных, массивных деталей, соединенных тонкой клеевой прослойкой, жесткость которой намного ниже, чем соединяемых деталей. Соотношение жесткости тонких клеевых прослоек и тонкостенных деталей сравнимо. Отсюда, по нашему мнению, деформация тонкостенных оптических деталей обусловлена: 1) деформацией клея и самой детали при остывании и 2) фиксацией клеем, имеющим определенную вязкость, неравновесных температурных деформаций детали. Собственные тепловые деформации изгиба детали обусловлены различием в температурах между закрепленной и незакрепленной поверхностями детали. Причем температура незакрепленной поверхности более низкая. В табл. 1 показано, как изменяются тепловые деформации плоской оптической детали из стекла К-8 (диаметр  $3 \cdot 10^{-2}$  м, толщина  $1 \cdot 10^{-3}$  м) при ее охлаждении в спокойном воздухе на стальном (индекс 1) и алюминиевом (индекс 2) наклеечных приспособлениях.

Как видно из табл. 1, при охлаждении закрепленной детали имеет место значительный перепад температур по толщине, что вызывает значительные деформации ее изгиба. При понижении температуры деформации уменьшаются, одновременно увеличивается твердость клея (табл. 2). Возрастающая твердость его начинает препятствовать свободной деформации детали.

Из-за различия в термоупругих свойствах и температурах в системе стекло-клей-металл возникают внутренние напряжения [4,5].

В клеевой прослойке действуют растягивающие, а в стекле сжимающие напряжения. В результате центр детали оказывается поднятым над ее краями. Деформация детали, вызываемая клеем, прямо пропорциональна внутренним напряжениям. Характер формирования внутренних напряжений при охлаждении системы стекло-клей-сталь для различных марок клея отражен в табл. 3. Как следует из таблицы, процесс формирования напряжений имеет сложный характер, зависящий от состава клея. Легирующие добавки, такие, как элкан А-110 (ТУ ОП-81-05-96-79), входящие в состав клея ГИПК 22Р8 (16) (ГИПК 22-42), значительно снижают в нем внутренние напряжения.

Деталь стремится занять положение, соответствующее минимуму в ней энергии деформации. Но этому препятствуют тепловые деформации, которые поднимают края детали над центром, и касательные напряжения на границе клей-стекло, вызванные внутренними напряжениями, стремящиеся поднять центр детали над краями. Соотношением величин этих двух противоположных по знаку типов деформаций определяются в значительной степени экспериментально наблюдаемые деформации. Наиболее благоприятными следует считать режимы охлаждения, которые приводят как к минимальным перепадам температур в детали, так и к минимальным внутренним напряжениям (например, охлаждение детали в термостатах по заданному режиму).

Таблица 1

## Тепловые деформации тонкостенной оптической детали

Температура, К			Разность температур поверхностей детали, К		Деформация N, интерференционные кольца (1 кольцо - $2,5 \cdot 10^{-7}$ м) - расчетная	
поверхность детали	наклеичного приспособления					
	$T_n$	$T_1$	$T_2$	$T_1$	$T_2$	$N_1$
333	357	349	8,0	8,0	24	24
328	348	341	7,5	7,5	22	22
323	338	334	7,0	7,2	21	22
318	328	327	4,6	5,1	14	16
313	322	320	3,1	4,1	10	13
308	314	313	1,7	3,3	5	10
303	306	306	0,7	2,0	2	6
298	299	299	0,1	1,0	0	3
295	295	295	0	0	0	0

Таблица 2

Зависимость пенетрации клеев-расплавов от температуры,  $10^4$  м (ГОСТ 11501-78)

Марка клея	Температура клея, К		
	303	308	310
ГИПК 22Р8 (16)	1,1	1,6	3,6
ГИПК (16-1)	0,3	1,0	2,1
- " - (Э)	0,4	0,45	1,6
- " - (ТК)	1,6	3,1	6,5

Таблица 3

## Температурная зависимость внутренних напряжений в системах стекло-клей-сталь, МПа

Марка клея	Температура, К						
	353	343	333	323	313	303	293
ГИПК 22Р8 (16)	0,05	0,07	0,08	0,12	0,15	0,17	0,17
ГИПК 22Р8 (16а)	0,06	0,10	0,13	0,17	0,21	0,27	0,33
ГИПК 22Р8 (Э)	0,40	0,62	0,64	0,50	0,30	0,10	0,03
ГИПК 22Р8 (ТК)	0,07	0,10	0,10	0,12	0,21	0,38	0,68

Итак, для получения тонкостенных деталей высокой точности необходимо использовать клеи-расплавы, дающие минимальные внутренние напряжения в системе стекло-клей-сталь. Режимы охлаждения деталей выбираются таким образом, чтобы в них не возникали значительные температурные перепады.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бардин А.Н. Технология оптического стекла. – М., 1963. – 513 с.
2. Температурные напряжения в двухслойных изотропных оптических пластинках/Г.Ф.Пищик, Е.Н.Прокофьев, О.Е.Ольховик, Л.В.Сергеев. – Оптико-механическая промышленность, 1964, № 10, с. 10–12.
3. Пищик Г.Ф. Напряжения и деформации в деталях оптических приборов. – Л., 1968. – 248 с.
4. Санжаровский А.Т. Физико-механические свойства полимерных и лакокрасочных покрытий. – М., 1978. – 183 с.
5. Попов В.М. Теплообмен через соединения на клеях. – М., 1974. – 304 с.