

казали, что создание композиционных материалов на основе полимер-полимерных смесей является перспективным с точки зрения прочностных характеристик, технологичности и экономичности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев А. Д., Евтюков И. З., Ткаченко Г. Т. и др. Особенности структурообразования в смесях поливинилбутирала с полиэтиленом // Высокомолекуляр. соединения.— 1974.— Т. 16 Б.— С. 878—881.
2. Гуль В. Е., Пенская Е. А., Занемонец Н. А. и др. Влияние совместности полимеров на устойчивость структурных и эксплуатационных характеристик бинарной полимерной системы // Высокомолекуляр. соединения.— 1972.— Т. 14.— С. 291—297.

УДК 539.3:624.073:681.3

Ю. Н. Насонов, М. М. Ревяко, А. И. Крюковский

#### НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКАЯ ДЕТАЛЬ — ТОНКАЯ ПОЛИМЕРНАЯ КЛЕЕВАЯ ПРОСЛОЙКА

На точность оптических деталей влияют погрешности их обработки, неравномерное распределение температуры в клеевой прослойке и детали, а также деформация линз при их закреплении. До настоящего времени этому вопросу уделялось недостаточно внимания [1, 2]. На распределение температуры как в клеевом слое, так и в закрепленной детали значительное воздействие оказывает распределение температуры в наклеечном приспособлении. В свою очередь деталь и слой клея, обладая значительными термическими сопротивлениями [3], влияют на распределение температуры в поверхностных объемах приспособления.

Задача математического описания процесса сводится к плоской задаче термоупругости при заданных начальных и граничных условиях [4]. Температурное поле системы деталь — клей — приспособление в течение процесса охлаждения измерялось при помощи термопар, спаи которых были установлены на границах клей — приспособление, стекло — клей и на поверхности детали. Оценка погрешности измерения температуры проводи-

лась по методике, изложенной в работе [5]. Результаты измерения температур были представлены в виде зависимости

$$T(r, t) = a(t) + b(t) \cdot r + c(t) \cdot r^2, \quad (1)$$

где  $T(r, t)$  — функция температуры, зависящая от радиальной координаты  $r$  и времени  $t$ ;  $a(t)$ ,  $b(t)$ ,  $c(t)$  — коэффициенты, определяемые при математической обработке результатов измерения температуры во времени;  $t$  — время, принимает ряд дискретных значений, поэтому при дальнейшей записи уравнений опускается.

При осесимметричной деформации клеевого слоя и оптической детали напряжение, деформация и прогиб детали не зависят от угловой координаты  $\theta$  и определяются только радиальной координатой  $r$  [6]. Дифференциальные уравнения термоупругости в перемещениях для рассматриваемой модельной системы имеют вид [4]

$$\frac{d^2 u_\theta}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{du_\theta}{dr} - \frac{u_\theta}{r^2} = 0; \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( r \frac{du_r}{dr} \right) \right] + (\lambda + \mu) \frac{d}{dr} \left( \frac{du_r}{dr} + \frac{u_r}{r} \right) - \mu \frac{u_r}{r^2} - \\ - (3\lambda + 2\mu) \cdot \alpha_T \cdot \frac{d}{dr} [(a + br + cr^2) - T_0] = 0, \quad (3) \end{aligned}$$

где  $u_r$ ,  $u_\theta$  — перемещения вдоль координат  $r$  и  $\theta$ ;  $\mu$ ,  $\lambda$  — постоянные Ляме;  $E$ ,  $\nu$  — модуль упругости и коэффициент Пуассона соответственно;  $T_0$  — начальная температура;  $\alpha_T$  — коэффициент линейного теплового расширения.

Общее решение уравнения (2) может быть представлено следующим образом [7]:

$$u_\theta = A_1 r + \frac{A_2}{r}, \quad (4)$$

где  $A_1$  и  $A_2$  — постоянные. Если  $u_\theta$  ограничено при  $r \rightarrow 0$ , то  $A_2 = 0$ , и отсюда  $u_\theta = A_1 r$ . Постоянную  $A_1$  определим исходя из граничных условий  $u_\theta = u_\theta(R)$  при  $r = R$  ( $R$  — радиус детали):

$$A_1 = \frac{u_\theta(R)}{R}. \quad (5)$$

С учетом (5) уравнение (4) имеет вид

$$u_{\theta}(r) = \frac{u_{\theta}R}{R} r. \quad (6)$$

Рассмотрим уравнение (3). Преобразуем его и введем обозначения:

$$\frac{b(3\lambda + 2\mu) \cdot \alpha_T}{\lambda + 2\mu} = B, \quad \frac{2c(3\lambda + 2\mu) \cdot \alpha_T}{\lambda + 2\mu} = C, \quad (7)$$

где  $b$  и  $c$  определяются из уравнения (1).

Принимая во внимание (7), запишем преобразованное уравнение (3) в виде

$$r^2 \frac{d^2 u_r}{dr^2} + r \frac{du_r}{dr} - u_r = Br^2 + Cr^3.$$

Общее решение для перемещения  $u_r$  можно записать как

$$u_r = A_3 r,$$

а частное решение задачи—в виде полинома

$$u_r = \alpha_0 + \alpha_1 r + \alpha_2 r^2 + \alpha_3 r^3.$$

Постоянную  $A_3$  находим исходя из граничных условий  $u_r = u_r(R)$  при  $r = R$  и окончательно для  $u_r$  имеем

$$u_r = \left( \frac{u_r(R)}{R} - \frac{BR}{3} - \frac{CR^2}{8} \right) r + \frac{B}{3} r^2 + \frac{C}{8} r^3. \quad (8)$$

Напряжения  $\sigma_{rr}$  и  $\sigma_{\theta\theta}$  в клеевой прослойке с учетом (4) и (8) описываются следующими уравнениями:

$$\sigma_{rr} = \frac{E}{1-\nu^2} \left[ (1+\nu) \left( \frac{u_r(R)}{R} - \frac{BR}{3} - \frac{CR^2}{8} \right) + \frac{Br}{3} (2+\nu) + \frac{Cr^2}{8} (3+\nu) - (1-\nu) \alpha_T (T - T_0) \right]; \quad (9)$$

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{E}{1-\nu^2} \left[ (1+\nu) \left( \frac{u_r(R)}{R} - \frac{BR}{3} - \frac{CR^2}{8} \right) + \frac{Br}{3} (1+2\nu) + \frac{Cr^2}{8} (1+3\nu) - (1+\nu) \alpha_T (T - T_0) \right]. \quad (10)$$

Значение  $u_r(R)$  обусловлено радиусом детали, расстоянием ее центра до центра приспособления, различием коэффициентов теплового расширения клея и соприкасающегося с ним материала. Коэффициенты  $B$  и  $C$  определяются из данных по измерению температуры на границах стекло — клей и металл — клей. Их величина и знак могут изменяться в зависимости от толщины клеевого слоя, свойств клея, размеров блокируемых деталей и свойств стекла, места расположения детали на приспособлении, размеров приспособления и свойств материала, из которого оно изготовлено, скорости охлаждения.

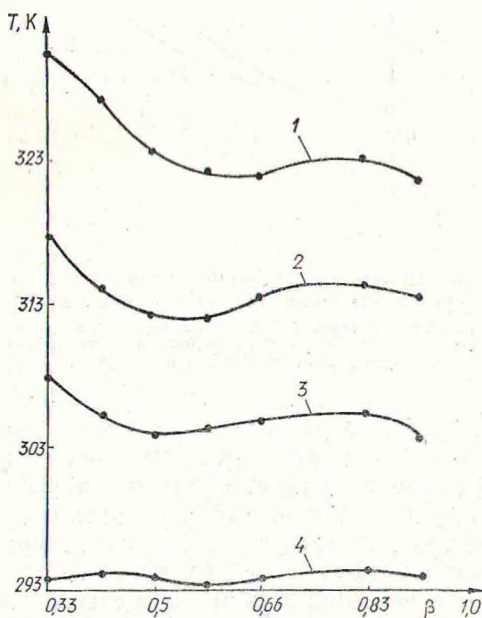


Рис. 1. Распределение температуры  $T$  по радиусу стального наклеичного приспособления на границе клей — приспособление при охлаждении от  $T = 393$  К на воздухе:

время с начала охлаждения: 1—1,6 кс; 2—2,8 кс; 3—4 кс; 4—7 кс.  
 $R = 1,5 \cdot 10^{-3}$  м; стекло  $K=8$ , толщина —  $1 \cdot 10^{-3}$  м; клей ГИПК 22-42, толщина слоя клея  $3 \cdot 10^{-3}$  м

Измерение температуры на границе клей — приспособление показало, что в областях относительного радиуса приспособления  $0,42 \leq \beta \leq 0,92$ , соответствующих месту закрепления деталей, наблюдаются более высокие значения температур, чем у края приспособления. По мере охлаждения кривые, отражающие распределение температуры, все более выравниваются (рис. 1). Расположение деталей вне центра приводит к некоторому нарушению симметрии в распределении температуры и

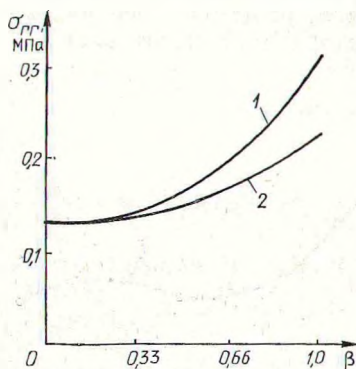


Рис. 2. Распределение напряжения в клеевом слое при закреплении детали вне центра блока: 1—для части детали, расположенной к краю приспособления; 2—ближе к центру приспособления. Деталь и клеевой слой те же, что и на рис. 1

напряжений по диаметру детали в направлении от центра к краю приспособления (рис. 2), рассчитанных по (9), (10). В перпендикулярном направлении поле напряжений симметрично. Такой характер распределения напряжения может привести к искажению поверхности детали, например у первоначально правильного сферического сегмента вершина может смещаться, что ведет к астигматизму. Устранение этих негативных явлений может быть достигнуто путем подбора клеев, обладающих способностью к релаксации внутренних напряжений при температурах, близких к температуре рабочего помещения, а также путем подбора рациональной конструкции приспособления, обеспечивающей минимальный перепад температур в клеевом слое.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Бардин А. Н. Технология оптического стекла.— М., 1963.— 519 с.
2. Технология оптических деталей / Под ред. М. Н. Семibrатова.— М., 1978.— 415 с.
3. Попов В. М. Теплообмен через соединения на клеях.— М., 1974.— 304 с.
4. Коваленко А. Д. Основы термоупругости.— Киев, 1970.— 307 с.
5. Кулаков М. В., Макаров Б. И. Измерение температуры поверхности твердых тел.— М., 1979.— 96 с.
6. Грач С. А. Расчет круглых пластин.— Фрунзе, 1979.— Ч. 1.— 256 с.
7. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям.— М., 1965.— 703 с.

УДК 622.794.2

Ф. Ф. Можейко, З. Т. Бутько

### ПРИМЕНЕНИЕ И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ЭМУЛЬСИИ ЭКСТРАКТА ФЕНОЛЬНОЙ ОЧИСТКИ МАСЕЛ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ТВЕРДЫХ ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ КАЛИЙНЫХ РУД

В литературе отмечена перспективность использования физико-химических способов интенсификации обезвоживания, связанных с применением различных реагентов [1—4].

Нами были исследованы влияние эмульсии экстракта фенольной очистки дистиллятных и остаточных фракций нефти (ГФК) в растворе детергента Советского (ДС-РАС — алкиларилсульфонат натрия) на скорость фильтрации и остаточную влажность твердых продуктов обогащения (хвостов и концентрата) калийных руд, а также механизм действия данной эмульсии на солевые частицы.

ГФК плохо растворим в воде, но легко эмульгируется в водном растворе ДС-РАС, образуя стабильную высокодисперсную эмульсию. Концентрируясь на поверхности раздела фаз, молекулы поверхностно-активных веществ (ПАВ), входящие в состав эмульсии, снижают поверхностное натяжение и вязкость солевого раствора. Это ведет к уменьшению гидродинамического сопротивления потока и возрастанию скорости фильтрации. Влияние указанной эмульсии на твердые продукты обогащения изучали по методике, изложенной в работе [5].