

Рис. 1. Система управления лазерной установкой

Управляющие сигналы с параллельного порта компьютера 1 поступают в устройство комплексного управления лазерной установкой 2, которое в свою очередь осуществляет полное управление ходом процесса лазерной обработки материалов.

Использование разработанной системы управления лазерной установкой обеспечивает возможность быстрой оптимизации технологических режимов.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Шалупаев, С.В., Шершнев, Е.Б., Никитюк, Ю.В. и др. Лазерное термораскалывание диэлектрических материалов // CERAMICS. POLISH CERAMIC BULLETIN. 2001. Vol. 65, P. 75 – 83.
2. Shalupaev, S. V., Ranachowski, J., Serdzyukov, A. N и др. Forming dynamics of temperature stress fields in the process of parallel thermosplitting // Instytut Podstawowych Problemow Techniki Polskiej AN Varshava. 1996, P 12 – 17.

УДК 681.2

Томашов И.Н.

### К РАСЧЕТУ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛОСКОЙ КРУГЛОЙ ДИАФРАГМЫ

*Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель канд. техн. наук профессор Молочко В.И.*

Плоские круглые диафрагмы (мембраны) постоянной толщины  $h$ , мм, заземленные по контуру и нагруженные давлением  $P$ , МПа, (рис. 1, а), используются в качестве чувствительного упругого элемента в различного рода измерительных приборах, например, в измерителях давления. Очевидно, что под действием давления жидкости в рабочей камере прибора диафрагма будет деформироваться и в ней будут возникать радиальные  $\sigma_r$  и касательные  $\sigma_\theta$  напряжения, подсчитываемые по известным [1] формулам:

$$\sigma_r = \pm \frac{3}{8} \frac{pR^2}{h^2} [(3 + \mu)\rho^2 - (1 + \mu)], \quad (1)$$

$$\sigma_r = \pm \frac{3}{8} \frac{pR^2}{h^2} [(3\mu+1)\rho^2 - (1+\mu)], \quad (2)$$

где  $\rho = R_x/R$ , причем  $R_x$  и  $R$  – соответственно текущий и максимальный радиусы диафрагмы,  $\mu$  – коэффициент Пуассона материала, из которого изготовлена диафрагма.

Для стальной диафрагмы принимают  $\mu=0,3$ ; следовательно для данного случая

$$\sigma_r = \pm \frac{3}{8} \frac{pR^2}{h^2} (3,3\rho^2 - 1,3). \quad (1')$$

и

$$\sigma_t = \pm \frac{3}{8} \frac{pR^2}{h^2} (1,9\rho^2 - 1,3). \quad (2')$$

Поскольку диафрагма находится в плоском напряженном состоянии, при котором  $\sigma_1 = \sigma_r$ ,  $\sigma_2 = 0$  и  $\sigma_3 = \sigma_t$ , ее прочностные свойства оцениваются по эквивалентному напряжению  $\sigma_{экв}$ , равному в соответствии с четвертой теорией прочности (теорией энергии формоизменения)

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_3} = \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_t^2 - \sigma_r\sigma_t}. \quad (3)$$

Подставляя в формулу (3) значения  $\sigma_r$  и  $\sigma_t$  из формул (1') и (2'), после преобразований получим

$$\sigma_{экв} = \pm \frac{3}{8} \frac{pR^2}{h^2} \sqrt{8,27\rho^4 - 6,76\rho^2 + 1,69}. \quad (4)$$

Для оценки вида графика функции  $\sigma_{экв} = f(\rho)$ , определим экстремальные точки зависимости (4), для чего приравняем нулю производную  $\frac{d\sigma_{экв}}{d\rho}$ . В результате получим

$$\frac{d\sigma_{экв}}{d\rho} = \pm \frac{3}{8} \frac{pR^2}{h^2} \left[ \frac{2 \cdot 8,27\rho^3 - 6,76\rho}{\sqrt{8,27\rho^4 - 6,76\rho^2 + 1,69}} \right] = 0,$$

или

$$\rho(8,27\rho^2 - 3,38) = 0,$$

откуда  $\rho_1 = 0$  и  $\rho_{2,3} = \pm 0,64$ . Подстановка полученных значений  $\rho$  в исходное уравнение (4) дает:

напряжение в центре диафрагмы (при  $\rho_1 = 0$ )

$$G_{\text{закл}} = \pm \frac{3}{8} \cdot \frac{pR^2}{h^2} \cdot 1,3 \approx 0,488 \frac{pR^2}{h^2};$$

напряжение на расстоянии  $\rho_{2,3} = \pm 0,64$

$$G_{\text{закл, мин}} \approx \pm \frac{3}{8} \cdot \frac{pR^2}{h^2} \cdot 0,56 \approx 0,212 \frac{pR^2}{h^2}.$$

Напряжения на краю диафрагмы ( $\rho=1$ )  $G_{\text{экв.мем.}} = 0,666 \frac{PR^2}{h^2}$ .

Таким образом, передвигаясь от центра диафрагмы к ее краям, отмечаем, что по мере увеличения  $\rho$  эквивалентное напряжение  $\sigma_{\text{экв}}$  сначала уменьшается, достигая минимума в точках  $\rho=\pm 0,64$ , затем начинает возрастать и при некотором значении  $\rho$  достигает величины центрального напряжения  $\sigma_{\text{экв.ц.}}$ ; при дальнейшем увеличении  $\rho$  величина  $\sigma_{\text{экв}}$  возрастает сверх значения  $\sigma_{\text{экв.ц.}}$  и на краю диафрагмы достигает максимального значения  $\sigma_{\text{экв.мем.}}$ .

Представляет интерес длина участка, на котором напряжения  $\sigma_{\text{экв}}$  превосходят  $\sigma_{\text{экв.ц.}}$  (в центре мембраны). Для этого в левую часть равенства

(4) представим значение  $G_{\text{экв.ц.}} = \pm \frac{3}{8} \cdot \frac{PR^2}{h^2} \cdot 1,3$ . Решение уравнения (4) при

указанном значении  $\sigma_{\text{экв}}$  дает  $\rho=0,904$ . Следовательно превышение напряжений, соответствующих  $\sigma_{\text{экв.ц.}}$ , происходит на краевом участке диафрагмы в пределах от  $0,904R$  до  $R$ , т.е. длина измеряемого от края диафрагмы участка  $\Delta=R-0,904R=0,096R \approx 0,1R$

Если теперь обеспечить радиусное сопряжение диафрагмы с корпусом ( $r \geq \Delta$ ), то напряжения на краевом участке, равном радиусу сопряжения  $r$ , уже не будут превосходить величины  $\sigma_{\text{экв.ц.}}$ . Следовательно применение плавного радиусного сопряжения диафрагмы с корпусом приводит к тому, что опасным с точки зрения прочности становится уже центральная точка диафрагмы, а не места по контуру соединения ее с корпусом рабочей камеры. В связи с этим максимальная величина эквивалентного напряжения  $\sigma_{\text{экв}}$  снижается от  $0,666 \frac{PR^2}{h^2}$  до  $0,488 \frac{PR^2}{h^2}$  (при  $r=\Delta$ ) и до меньшей величины (при  $r > \Delta$ ).

Таким образом, уровень максимальной напряженности диафрагмы снижается по меньшей мере на четверть, что существенно повышает долговечность и работоспособность прибора в целом.

Графики функции  $\sigma_{\text{экв}} = f(\rho)$  для диафрагмы постоянной толщины  $h$ , защемленной по контуру корпуса, и диафрагмы, радиусно сопряженной с корпусом (при  $r=\Delta$ ) реального измерителя давления, описанного в [2], представлены соответственно на рис. 1 и рис. 2.

Расчет  $\sigma_{\text{экв}}$  произведен исходя из следующих данных:  $p=20$  Мпа,  $R=17$  мм,  $h=2,5$  мм,  $r=\Delta=0,1R=1,7$  мм.

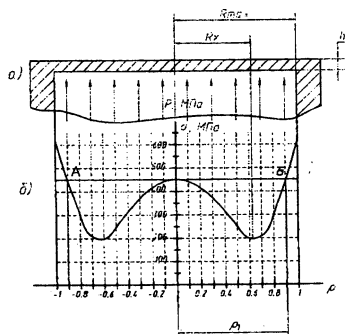


Рис. 1. а) измеритель давления с плоской диафрагмой постоянной толщины; б) график функции  $\sigma_{скв} = f(p)$

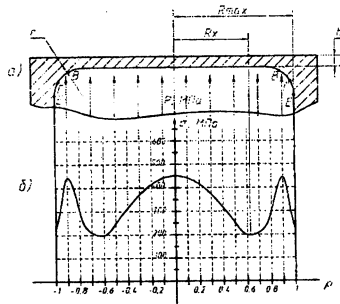


Рис. 2 а) измеритель давления с плоской диафрагмой постоянной толщины, имеющей радиусы сопряжения с корпусом; б) график функции  $\sigma_{скв} = f(p)$

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Андреева, Л.Е. Упругие элементы приборов. М.: Машиностроение, 1981. – 392 с., ил.
2. Томашов, И.Н., Молочко, В.И. Диафрагменный датчик давления. НИРС-2003, VIII Республиканская НТК студентов и аспирантов. ч.6, Минск, 2003, с. 70 – 71.

УДК 621.762.4

Ушеренко Ю.С.

### АКТИВАЦИЯ СТАЛЕЙ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПОТОКОМ ДИСКРЕТНЫХ ЧАСТИЦ

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель канд. техн. наук доцент Протасевич Г.Ф.

*The activation of steel preparations by introduction of a high-energy flow of discrete particles occurs because of increase of defection of a material. The classification defects on mezo- and microlevels arising at interaction is given.*

Регулирование свойств металлов и сплавов, в основном, осуществляли за счет введения в их состав дополнительных легирующих элементов,