откуда при радиусе установки $r_y = 300$ мм

$$G_y = \frac{P_к r_c}{r_y} = \frac{17{,}167 \cdot 11{,}89}{300} = 0{,}68 \text{ кг.}$$

Предлагаемый порядок расчета дает возможность с достаточно высокой степенью точности определить величину и направление установки уравновешивающего груза на режущем диске спиральной БРМ.

Литература

1. Шейнов И.И. Ремонт и монтаж оборудования деревообрабатывающих производств. М., 1967. 2. Воронков И.М. Курс теоретической механики. М., 1961. 3.Лахтанов А.Г. и др. Конический ножевой диск спиральной рубительной машины. Авт. свид. № 400645. – Бюл.изобрет. 1974, № 40.

УДК 674.053:621.934

А.П.Клубков, канд.техн.наук, С.С.Макаревич, канд.техн.наук, С.И.Вашкевич

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В СОСТАВНОМ РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ ПРИ ЕГО ОХЛАЖДЕНИИ ПОСЛЕ ПАЙКИ

Одной из особенностей напайки твердосплавных пластин является то, что химический состав и физико-механические свойства твердого сплава и стальной державки существенно отличаются друг от друга. Так, например [1], коэффициент линейного расширения (α_t) твердого сплава ВК8 равен $\alpha_t = 6{,}26 \cdot 10^{-6}$ 1/град, а для стали 45$\alpha_t = 11{,}65 \cdot 10^{-6}$ 1/град; модуль продольной упругости (Е) для ВК8 равен $E = 54 \cdot 10^3$ г/мм^2, а для той же стали $E = 20 \cdot 10^3$ кг/мм^2, аналогично и другие характеристики имеют существенные различия. Все это сказывается на работе единого составного режущего инструмента.

В деревообрабатывающей промышленности эксплуатируются плоские ножи длиной 600–800 мм и более, армированные твердым сплавом. После напайки и последующего охлаждения пластины и стальной державки нож изгибается с центром кривизны, расположенным со стороны стальной державки.

Изгибные деформации после пайки можно снизить, создав перед пайкой предварительный прогиб твердосплавной пластинке и стальной державке в противоположную сторону.

Расчетная схема приведена на рис. 1. Так как коэффициенты линейного расширения припаиваемой твердосплавной пластинки 1 и стальной державки 2 разные, то при остывании данной двухслойной конструкции будут возникать температурные напряжения. Для определения температурных напряжений рассечем пластину плоскостью xoz и рассмотрим деформации верхней части пластины АВСД. Верхняя часть пластины состоит из двух разнородных материалов, скрепленных жестко.

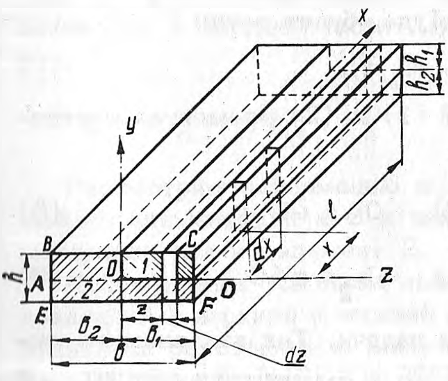

Рис. 1.

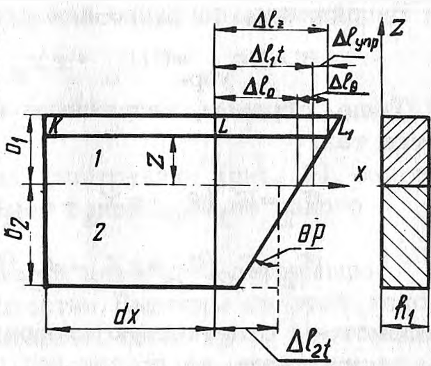

Рис. 2.

Будем рассматривать этот элемент как стержень, для которого при изгибе от температурных напряжений остается справедливой гипотеза плоских сечений [2, 3]. Выделим из верхней пластины вдоль оси X элемент длиной dx (рис. 2). Определим деформацию слоя KL, выделенного на расстоянии z от соединяемого слоя. Полная деформация слоя KL будет равна

$$\Delta l = \Delta l_t + \Delta l_{упр} , \tag{1}$$

где Δl_t – деформация от температуры; $\Delta l_{упр}$ – упругая деформация.

С другой стороны,

$$\Delta l = \Delta l_o + \Delta l_\theta , \tag{2}$$

где Δl_o – деформация слоя соединения; Δl_θ – деформация, вызванная поворотом сечения.

Решая совместно уравнения (1) и (2), найдем

$$\Delta l_{упр} = \Delta l_o + \Delta l_\theta - \Delta l_t . \tag{3}$$

8*

Учитывая, что $\Delta l_\theta = z d\Theta$, а $\Delta l_t = \alpha_t t dx$ и разделив обе части равенства (3) на dx, получим

$$\varepsilon_{упр} = \varepsilon_o + z\chi_z - \alpha_t t, \tag{4}$$

где $\varepsilon_{упр}$ – относительная упругая деформация произвольного слоя; KL, ε_o – относительная деформация слоя соединения; $\chi_z = \frac{d\theta}{dx}$ – кривизна слоя соединения в плоскости xoz (рис. 1); α_t – коэффициент линейного расширения; t – разность температур.

Напряжение, согласно закону Гука, будет равно

$$\sigma = E\varepsilon_{упр.} = E(\varepsilon_o + z\chi_z - \alpha_t t).$$

Таким образом, напряжения в (1) и (2) элементах определятся так:

$$\sigma_1 = E_1(\varepsilon_o + z\chi_z - \alpha_{1t} t), \quad 0 \leq z \leq b_1; \tag{5}$$

$$\sigma_2 = E_2(\varepsilon_o + z\chi_z - \alpha_{2t} t), \quad -b_2 \leq z \leq 0. \tag{6}$$

Рассмотрим статическую сторону задачи. Так как внешние силы отсутствуют, то продольная сила и изгибающий момент в сечении скрепленного стержня (рис. 2) должны равняться нулю, т.е. будут справедливы следующие уравнения:

$$\int_{F_1} \sigma_1 dF + \int_{F_2} \sigma_2 dF = 0; \tag{7}$$

$$\int_{F_1} \sigma_1 z dF + \int_{F_2} \sigma_2 z dF = 0. \tag{8}$$

Решая совместно уравнения (5) – (8), определим кривизну слоя соединения χ_z и деформацию ε_o:

$$\chi_z = \frac{E_1 E_2 (S_{1y} F_1 - S_{2y} F_2)(\alpha_{1t} - \alpha_{2t}) t}{(E_1 I_{1y} + E_2 I_{2y})(E_1 F_1 + E_2 F_2) - (E_1 S_{1y} + E_2 S_{2y})^2}; \tag{9}$$

$$\varepsilon_o = \frac{(E_1 F_1 \alpha_{1t} + E_2 F_2 \alpha_{2t}) t - (E_1 S_{1y} + E_2 S_{2y}) \chi_z}{E_1 F_1 + E_2 F_2} \tag{10}$$

где F_1, F_2 – площади поперечных сечений (1) и (2) элементов (рис. 2); S_{1y}; I_{1y}; S_{2y}; I_{2y} – статические моменты и моменты инерции поперечных сечений стержней 1, 2 относительно оси y,

$$F_1=b_1h_1;\ F_2=b_2h_1;\ S_{1y}=\frac{h_1b_1^2}{2};\ S_{2y}=\frac{-h_1b_2^2}{2};$$

$$I_{1y}=\frac{h_1b_1^3}{3};\quad I_{2y}=\frac{h_1b_2^3}{3}.$$

Зная ε_o χ_z, можно определить полную деформацию в направлении оси X верхней части АВСД пластины, показанной на рис. 1,

$$\varepsilon=\varepsilon_o+z\chi_z;\qquad -b_2\leq z\leq b_1. \tag{11}$$

Рассмотрим деформацию всей конструкции (рис. 1), состоящей из элементов 1 и 2 и нижней однородной из такого же материала как и элемент 2.

Необходимым условием является равенство деформации на границе АД верхней и нижней пластин. Выделим из этой конструкции на расстоянии z элементарный слой dz по всей высоте h и длине l (рис. 1). Из полученного элементарного слоя выделим на расстоянии x элемент длиной dx. Этот элемент будет состоять из верхней части b, относящейся к верхней пластине АВСД и нижней части H, относящейся к нижней пластине АДЕF.

Рассмотрим деформацию элемента, если верхняя и нижняя части соединены жестко. Деформация элемента ε^* на любом расстоянии y по высоте будет складываться из свободной деформации каждой части ε и упругой деформации $\varepsilon^*_{упр}$, связанной с совместной работой верхней и нижней частей, т.е.

$$\varepsilon^*=\varepsilon_o+\varepsilon^*_{упр}. \tag{12}$$

С другой стороны, деформацию элементарного параллелепипеда dx можно рассматривать как деформацию слоя соединения верхней и нижней части ε^*_o и деформацию, зависящую от поворота сечения ε^*_θ, т.е.

$$\varepsilon^*=\varepsilon^*_o+\varepsilon^*_\theta. \tag{13}$$

Решая совместно уравнения (12) и (13) и учитывая, что $\varepsilon_\theta^* = y\varkappa_y$, найдем упругую деформацию

$$\varepsilon_{упр} = \varepsilon_o^* + y\varkappa_y - \varepsilon, \tag{14}$$

где $\varkappa_y$ – кривизна слоя соединения в плоскости xoy. Свободная деформация ε для верхней части определяется согласно формуле (11), а для нижней части из соотношения $\varepsilon = \alpha_2 t$. Напряжения в верхней и нижней пластинах по закону Гука будут равны

$$\sigma_b = E_b(\varepsilon_o^* + y\varkappa_y - \varepsilon_o - z\varkappa_z); \quad (0 \le y \le h_1); (-b_2 \le z \le b_1); \tag{15}$$

$$\sigma_н = E_н(\varepsilon_o^* + y\varkappa_y - \alpha_2 t); \quad (-h_2 \le y \le 0); \quad (-b_2 \le z \le b_1), \tag{16}$$

при $0 \le z \le b_1$; $E_b = E_1$; $E_н = E_2$; $-b_2 \le z \le 0$; $E_b = E_н = E_2$.

Запишем уравнения равновесия для элемента dx:

$$\Sigma x = 0; \int_{F_b} \sigma_b dF + \int_{F_н} \sigma_н dF = 0; \tag{17}$$

$$\Sigma M_z = 0; \int_{F_b} \sigma_b y dF + \int_{F_н} \sigma_н y dF = 0. \tag{18}$$

Решая совместно уравнения (15) – (18), найдем кривизну $\varkappa_y$ и деформацию слоя соединения пластин ε_o^*:

$$\varkappa_y = \frac{6(\varepsilon_o + z\varkappa_z - \alpha_2 t)E_b E_н h_1 h_2 (h_1 + h_2)}{(E_b h_1^2 - E_н h_2^2)^2 + 4(h_1 + h_2)^2 E_b E_н h_1 h_2}; \tag{19}$$

$$\varepsilon_o^* = \frac{E_b h_1(\varepsilon_o + z\varkappa_z) + E_н h_2 \alpha_2 t - 0{,}5\varkappa_y(E_b h_1^2 - E_н h_2)}{E_b h_1 + E_н h_2}. \tag{20}$$

Таким образом, подставляя в формулы (15) и (16) значения $\varkappa_z, \varepsilon_o, \varkappa_y, \varepsilon^*_o$ согласно выражений (9), (10), (19) и (20), определим напряжения в любом сечении z и в любой точке этого сечения с ординатой y.

Для определения стрелы прогиба середины длины ножа l на любом расстоянии z по ширине ножа воспользуемся интегралом Мора

$$\Delta = \int_l \varkappa_y M_1 dx, \tag{21}$$

где M_1 – момент от единичной силы, приложенной по направлению определяемого перемещения.

Если элементарный слой шириной dz и длиной l представить как балку, лежащую на двух опорах, то момент в любом сечении от единичной силы, приложенной посередине пролета l, будет равен

$$M_1 = \frac{1}{2} x$$

и перемещение, согласно (21),

$$\Delta = 2\int_0^{\frac{l}{2}} \varkappa_y \cdot \frac{1}{2} x dx; \quad \Delta = \frac{\varkappa_y l^2}{8}. \tag{22}$$

При вычислении напряжений и деформаций по формулам (5)-(6), (15)-(16) следует иметь в виду, что при нагревании, т.е. при увеличении температуры, значение t подставляется со знаком плюс, а при охлаждении – со знаком минус.

Литература

1. Куклин Л.Г. и др. Повышение прочности и износостойкости твердосплавного инструмента. М., 1968. 2. Гейтвуд Б.Е. Температурные напряжения. М., 1959. 3. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. М., 1962.