

Таким образом, можно использовать разработанную программу для анализа и управления процессом глубинного шлифования с учётом неравномерного изнашивания и затупления шлифовального круга. Для этого необходимо экспериментально определять зависимости K_{p0} и γ от времени при различных характеристиках пары круг-заготовка. Значение f_a можно брать из справочной литературы [3]. Данная разработка может оказаться полезной для предприятий переходящих на новый перспективный метод глубинного шлифования зубчатых колёс [4] или направляющих станков без предварительного фрезерования.

Литература

1. Махаринский Е.И., Масилевич А. В. "Рабочие характеристики глубинного шлифования" – Сб. научных трудов "Машиностроение" 2001 Вып. 17. С. 38-42;
2. М.И. Ящерицын, Е.И. Махаринский, Ю.Е. Махаринский "Моделирование затупления шлифовального круга" – Весті Академії Навук 1997 №4 С. 49-54;
3. Попов С.А. Малевский Н.П. и др. Алмазно-абразивная обработка металлов и твёрдых сплавов. М.: Машиностроение, 1977. – стр. 106 таб. 57
4. Ю.С. Елисеев, В.С. Новиков и др. "Профильное глубинное шлифование зубчатых колёс" – Вестник машиностроения 2001 №1 С. 41-44.

SUMMARY

In this paper the numerical method of definition of component force for creep feed work of grooves of any profile is offered in view of their wear and non-uniform loss of cutting ability of a wheel. Some outcomes of operation of the program, designed are submitted on the basis of the given method.

УДК 621.98

НОРМАЛЬНЫЕ И КАСАТЕЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА ГРАВЮРЕ ИЗОТРОПНОГО ПОЛУШАРОВОГО ШТАМПА

А.В. Карпушко, Г.Н. Федосеев

В работе рассматривается задача определения нормальных и касательных напряжений в однородном полушаровом штампе при его осесимметричной деформации. Штамп рассматривается в цилиндрической системе координат.

Перемещения (радиальные и осевые) точек гравюры штампа (рис.1) положим изменяющимися по законам

$$\begin{aligned}
 u_{\Gamma} &= -\left(U \sin^2 \Theta\right) \cos \Theta, & \text{или} & & u_{\Gamma} &= -U \eta^2 \sqrt{1-\eta^2}, \\
 w_{\Gamma} &= -\left(V \sin^2 \Theta\right) \sin \Theta, & & & w_{\Gamma} &= -V \eta^3, \\
 & & & & \rho^2 + \eta^2 &= 1,
 \end{aligned} \tag{1}$$

где введены безразмерные координаты (рис.1)

$$\rho = \frac{r}{R}, \eta = \frac{z}{R} \tag{2}$$

(на гравюре $\rho = \cos \Theta, \eta = \sin \Theta$), U и V - константы.

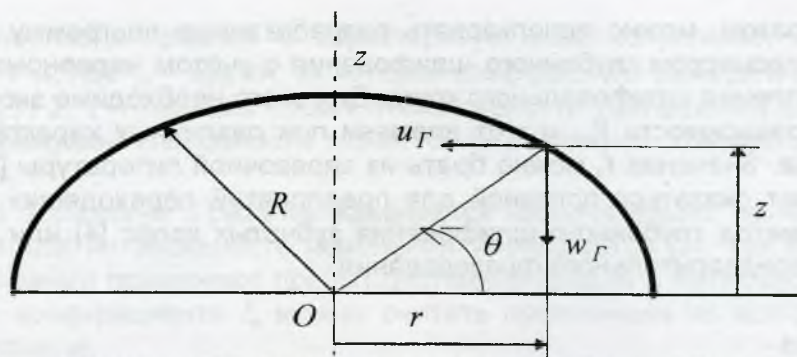


Рисунок 1 - Перемещения точек гравюры штампа

Рассмотрим (рис.2) бесконечно тонкий слой штампа, нормальный к оси z . Нормальные напряжения (радиальные и окружные) находятся из обобщенного закона Гука [1]:

$$\sigma_r = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_r + \mu \varepsilon_t) + \frac{\mu}{1-\mu} \sigma_z, \quad (3)$$

$$\sigma_t = \frac{E}{1-\mu^2} (\mu \varepsilon_r + \varepsilon_t) + \frac{\mu}{1-\mu} \sigma_z,$$

осевая деформация

$$\varepsilon_z = -\frac{\mu}{E} (\sigma_z + \sigma_t) + \frac{\sigma_z}{E}, \quad (4)$$

E и μ - модуль Юнга и коэффициент Пуассона материала штампа; деформации [1] радиальная и окружная

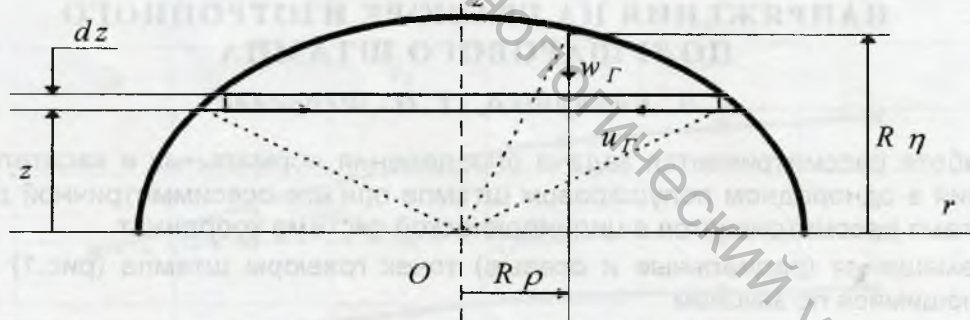


Рисунок 2 - Произвольный слой штампа

$$\varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r} = \frac{1}{R} \frac{\partial u}{\partial \rho}, \quad \varepsilon_t = \frac{u}{r} = \frac{1}{R} \frac{u}{\rho}, \quad (5)$$

осевая деформация (рис.2)

$$\varepsilon_z = \frac{w_r}{R \eta} = -\frac{V}{R} (1 - \rho^2), \quad (6)$$

где использовано выражение осевого перемещения гравюры штампа и связь между безразмерными координатами (2) точек гравюры (1).

Подставляя деформации (5) в формулы для напряжений (3), последние - в дифференциальное уравнение равновесия [1]

$$r \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \sigma_r - \sigma_t = 0$$

(пренебрегая касательными напряжениями τ_{rz}) и в формулу (4) - при учете значений (6): получатся дифференциальные уравнения

$$\begin{cases} \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \rho} (u\rho) + \frac{\mu(1+\mu)}{E} \rho \sigma_z = \rho f(\eta), \\ -\frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \rho} (u\rho) + \frac{1}{E} \left(\frac{1-\mu}{\mu} - 2\mu \right) \rho \sigma_z = -\frac{1-\mu}{\mu} \frac{V}{R} (\rho - \rho^3), \end{cases} \quad (7)$$

где $f(\eta)$ - произвольная функция безразмерной апликаты (2).

Исключая из уравнений (7) напряжение σ_z , приходим к дифференциальному уравнению относительно радиального перемещения u , решение которого

$$\frac{u}{R} = \frac{\mu}{2(1-\mu)} \frac{V}{R} \left(\rho - \frac{1}{2} \rho^3 \right) + \rho F(\eta) + \frac{G(\eta)}{\rho} \quad (8)$$

содержит две произвольные функции G и F . Подчиняя решение (8) краевым условиям (рис. 2)

$$u(\rho=0) = 0, u(\rho = \sqrt{1-\eta^2}) = u_T$$

-см. первое из выражений (1), найдем эти произвольные функции:

$$G(\eta) = 0, F(\eta) = -\frac{U}{R} \eta^2 - \frac{\mu}{4(1-\mu)} \frac{V}{R} (1 + \eta^2). \quad (9)$$

Решение (8) получает вид

$$\frac{u}{R} = \left[-\frac{U}{R} \eta^2 + \frac{\mu}{4(1-\mu)} \frac{V}{R} (1 - \rho^2 - \eta^2) \right] \rho. \quad (10)$$

Напряжения σ_z находятся, например, из второго уравнения системы (7) - подстановкой в это уравнение решения (10):

$$\sigma_z = E \frac{\mu}{1-\mu-2\mu^2} \left[-2 \frac{U}{R} \eta^2 + \frac{\mu}{2(1-\mu)} \frac{V}{R} (1 - 2\rho^2 - \eta^2) - \frac{1+\mu}{\mu} \frac{V}{R} (1 - \rho^2) \right]. \quad (11)$$

Угол сдвига определяется равенством [1]

$$\gamma_{rz} = \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{1}{R} \left(\frac{\partial w}{\partial \rho} + \frac{\partial u}{\partial \eta} \right),$$

где радиальное перемещение u дается выражением (10), а осевое перемещение - см. деформацию (6) -

$$w = \varepsilon_z(R\eta) = -V(1 - \rho^2)\eta;$$

касательные напряжения

$$\tau_{rz} = \frac{E}{2(1+\mu)} \gamma_{rz} = \frac{E}{1+\mu} \left\{ \frac{V}{R} \left[1 - \frac{\mu}{4(1-\mu)} \right] - \frac{U}{R} \right\} \rho \eta. \quad (12)$$

Находя напряжения (11-12) в точках гравюры штампа $\left(\eta = \sqrt{1 - \rho^2}\right)$ и в точках его плоского основания (рис. 1), где $\eta = 0$, используем их в условии равновесия штампа (рис. 3)

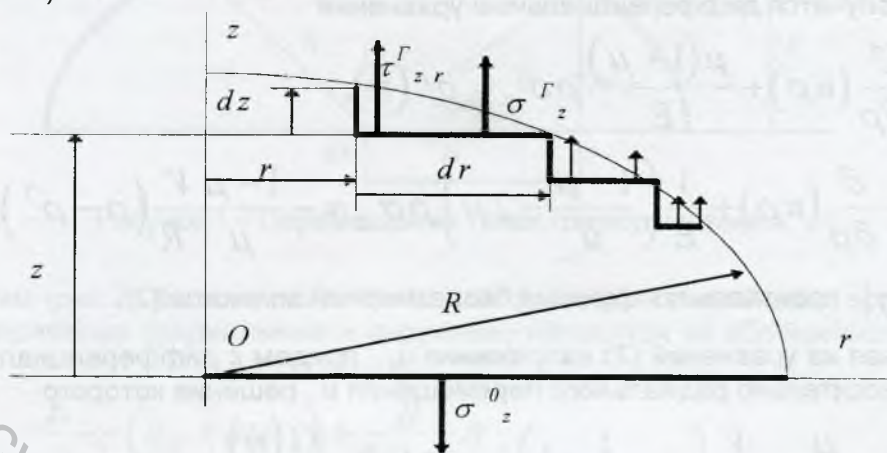


Рисунок 3 - Напряжения в точках гравюры и плоского основания штампа.

$$\int_0^R \tau_{rz}^{\Gamma} 2\pi r dz + \int_0^R \sigma_z^{\Gamma} 2\pi r dr = \int_0^R \sigma_z^0 2\pi r dr, \quad (13)$$

что даст связь между константами U и V - см. исходные выражения (1):

$$U = -V \frac{\left(\frac{1}{4} \frac{\mu}{1-\mu} - 1\right) (1+\mu)^{0,5\mu^2} \left[(1-\mu)(1-\mu-2\mu^2)\right]}{1 / (1+\mu)^{2\mu} (1-\mu-2\mu^2)}$$

Если положить здесь $\mu=0,3$, получим соотношение $U=0,293V$. (14)

Выражая теперь интеграл в правой части условия (13) через среднее давление p на основание штампа, найдем: константа $\frac{V}{R} = 2 \frac{p}{E} \frac{1-\mu-2\mu^2}{1-\mu}$,

при $\mu=0,3$

$$\frac{V}{R} = 1,486 \frac{p}{E}. \quad (15)$$

Используем значения (14-15) в формулах (10-12), а результаты подстановки - в формулах (5,3): напряжения

$$\begin{aligned} \sigma_z &= -p(1,82 - 1,63\rho^2 + 0,69\eta^2), \\ \sigma_r &= -p(0,55 - 0,12\rho^2 + 1,15\eta^2), \\ \sigma_t &= -p(0,55 - 0,37\rho^2 + 1,15\eta^2), \\ \tau_{rz} &= 0,69 p \rho \eta. \end{aligned} \quad (16)$$

Эпюры напряжений (16) представлены на рис.4. В нижней части рисунка показаны эпюры напряжений, действующих в точках плоского основания ($\eta=0$), в верхней части - действующие в точках гравюры ($\eta = \sqrt{1 - \rho^2}$).

Интенсивности сил, действующих на сферической поверхности штампа, показаны на рис. 5. Они выражаются через напряжения (16):

$$\sigma = \sigma_r^\Gamma \rho^2 + \sigma_z^\Gamma \eta^2 + 2\tau_{rz}^\Gamma \rho\eta, \quad (17)$$

$$\tau = (\sigma_z^\Gamma - \sigma_r^\Gamma) \rho\eta + \tau_{rz}^\Gamma (\rho^2 - \eta^2).$$

При этом полагаем: $\rho^2 + \eta^2 = 1$. На этом же рис.5 показаны эпюры напряжений (17)

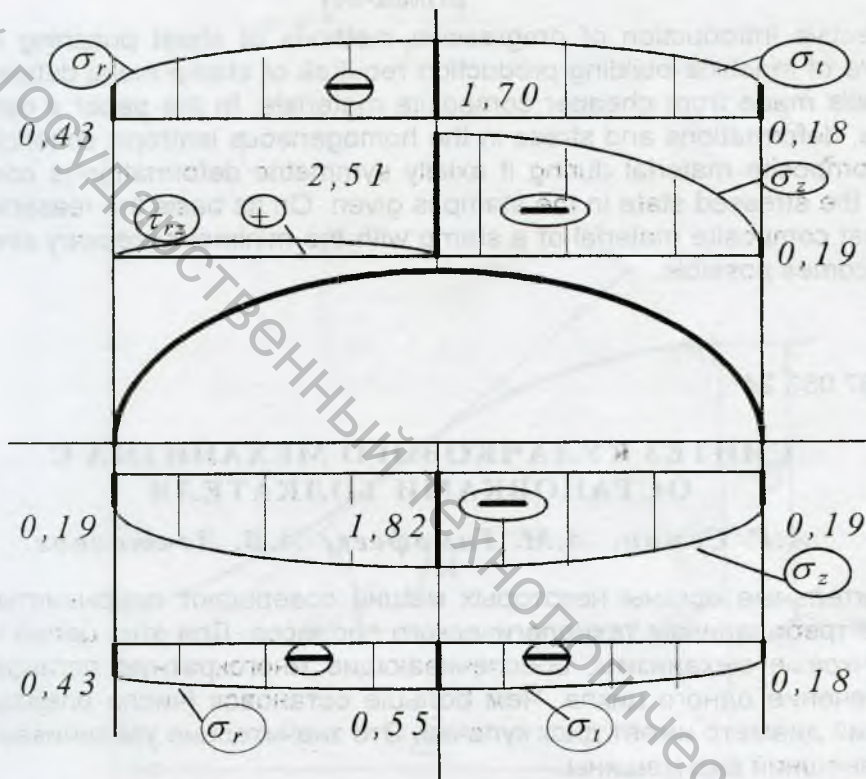


Рисунок 4 - Эпюры напряжений в точках плоского основания и гравюры штампа

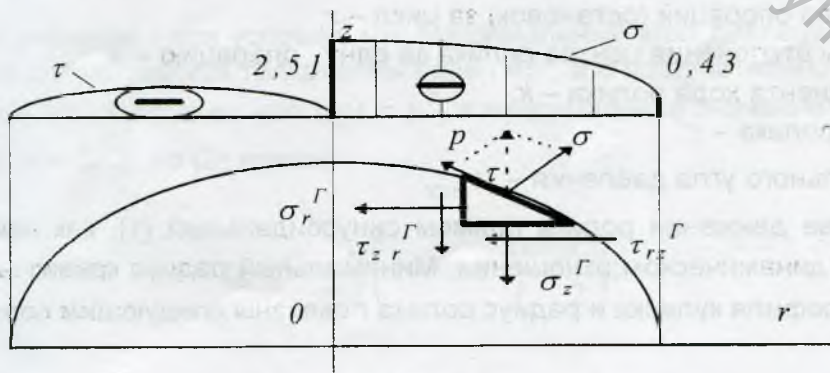


Рисунок 5 - Силы на поверхности штампа

Установлено, что интенсивность $p = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} \approx \sigma$ и отклонение вектора p от нормали нигде не превышает 14° , т.е. можно считать, по крайней мере, в первом приближении, что найденные поверхностные силы действуют вдоль радиусов штампа. Относительно высокая контактная нагрузка наблюдается в полюсе штампа; именно она определяет выбор материала штампа.

Литература

1. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела.- 2-е изд., перераб. и дополн.- М.: Наука, 1977.- 416с.

SUMMARY

The effective introduction of progressive methods of sheet punching in a small lot manufacture of machine-building production requires of stamp metal details replacement by the details made from cheaper composite materials. In the paper a definition of displacements, deformations and stress in the homogeneous isotropic spherical stamp from a similar composite material during it axially symmetric deformation is considered. The analysis of the stressed state in the stamp is given. On its basis the reasonable choice of the cheapest composite material of a stamp with the minimal necessary strength characteristics becomes possible.

УДК 687.053.24

СИНТЕЗ КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА С ОСТАНОВКАМИ ТОЛКАТЕЛЯ

А.Г. Семин, А.М. Тимофеев, А.В. Локтионов

Исполнительные органы некоторых машин совершают прерывистые движения, вызванные требованиями технологического процесса. Для этих целей часто применяют кулачковые механизмы, обеспечивающие многократную остановку рабочего органа в течение одного цикла. Чем больше остановок (число операций) в цикле, тем больший диаметр имеет диск кулачка. Это значительно увеличивает габариты и ухудшает внешний вид машины.

Рассмотрим влияние технологических и динамических параметров на габариты проектируемого кулачкового механизма. Диаметр диска кулачка определим в зависимости от следующих параметров:

- количество операций (остановок) за цикл – z ;
- величины отклонения центра ролика за одну операцию – a ;
- коэффициента хода ролика – k ;
- радиуса ролика – r ;
- максимального угла давления – μ_{max} .

В качестве движения ролика примем синусоидальный [1], как наиболее благоприятный в динамическом отношении. Минимальный радиус кривизны ρ_{min} вогнутой части профиля кулачка и радиус ролика r связаны следующим соотношением [2]

$$r = 0,7\rho_{min} \quad (1)$$