

рабочей поверхности. С повышением содержания легирующих элементов склонность к формообразованию сталей и цветных металлов и сплавов при штамповке в инструменте с изменяющейся формой рабочей поверхности снижается.

Штамповку в инструменте с изменяющейся формой рабочей поверхности можно использовать и при холодной штамповке. Известно, что упрочнение при холодной объемной штамповке происходит за счет изменения механических свойств материалов (прочности и твердости). Проведенными нами исследованиями установлено, что аналогичный механизм упрочнения характерен и для штамповки в инструменте с изменяющейся формой рабочей поверхности. Поэтому в ряде случаев можно для изготовления поковок использовать заготовки из недорогих низколегированных сталей, которые после штамповки в инструменте с изменяющейся формой рабочей поверхности имеют прочность на уровне высоколегированных сталей.

Штамповкой в инструменте с изменяющейся формой рабочей поверхности целесообразно изготавливать осесимметричные, сплошные и полые изделия. В зависимости от конфигурации заготовки рекомендуется выбирать конфигурацию ручья при штамповке в инструменте с изменяющейся формой рабочей поверхности таким образом, чтобы полученная поковка не имела заусенцов и трещин в периферийной зоне.

Значительную роль при штамповке в инструменте с изменяющейся формой рабочей поверхности играет трение между заготовкой и деталью штампа. В качестве смазки обычно используются сульфид молибдена, различные масла или мыло [2]. Подготовку заготовок к штамповке обычно осуществляли с использованием автоматизированных устройств в следующей технологической последовательности [2]: обезжиривание; промывка в холодной, а затем теплой воде; фосфатирование в растворе с концентрацией до 90 – 150 мг/л; промывка в холодной и теплой воде; обработка в мыльном растворе, сушка или обработка сульфидом молибдена.

При штамповке в инструменте с изменяющейся формой рабочей поверхности с малой степенью деформирования заготовок при мелкосерийном производстве рекомендуется только смазка заготовок маслом.

Таким образом, штамповку в инструменте с изменяющейся формой рабочей поверхности целесообразно применять для получения изделий небольшой высоты (зубчатых колес, фланцев и др.). Формообразующий инструмент прост по конструкции, сравнительно дешев, достаточно быстро заменяется.

Список литературы

1. Машеков С.А., Биякаева Н.Т., Машекова А.С. Монография. Проблемыковки титановых сплавов и их решения. Часть 1 и 2 Издательство: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. 230 с. и 251 с.
2. Машеков С.А., Биякаева Н.Т., Нуртазаев А.Е. Технологияковки в инструменте с изменяющейся формой.- Павлодар: Издательство «Кереку», 2008. 634 с.
3. Патент РК № 15280. Инструмент для штамповки /А.Д. Омаров, С.А. Машеков, Н.Т. Биякаева и др. Опубл. 17.01.2005, бюл. № 1. - 2с:ил.
4. Nagy Jan. Orbitalne tvarnenie a kyvavou zapustkou // Strjirenska vyroba. – 1987. – № 5. – S. 317 – 322.

References

1. Masek SA, Biyakaeva NT, AS Mashekova Monograph . Problems forging of titanium alloys and their solutions . Part 1 and 2 Publisher : LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. 230 p. and 251 s.
2. Masek SA, Biyakaeva NT, Nurtazaev AE Forging technology in the tool with varying formoy. - Pavlodar : Publishing " Kerekou ," 2008. 634 p.
3. Patent RK № 15280. Tool for punching /A.D . Lobster , SA Masek , NT Biyakaeva et al . Publ . 17.01.2005 , Bull. № 1. - 2c : ill.
4. Nagy Jan. Orbitalne tvarnenie a kyvavou zapustkou // Strjirenska vyroba. - 1987. - № 5. - S. 317 - 322 .

УДК 681.625.23; 531.01

ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ НА ПОДШИПНИКИ ФОРМНОГО ВАЛА ПЕЧАТНОЙ МАШИНЫ

Курманалиев К.К., Султангазиева А.К., Турдукулова А.К., КГТУ им.И.Раззакова. тел: 0312-56-14-55, E-mail: turdukulovaa@list.ru

Вопрос о динамических нагрузках на подшипники вращающихся тел однородной структуры, цилиндрических оболочек, и вообще центрированной массы довольно хорошо изучен и рассматривается в учебниках по теории машин и механизмов, механике машин, деталей машин.

Формный вал печатной машины по конструкции является не центрированной массой. При больших угловых скоростях вращения на подшипники действуют разнонаправленные нагрузки. Получено аналитическое решение уравнения движения вала. Из анализа найдены обобщающиеся пиковые нагрузки.

Ключевые слова: печатная машина, модуляция, устойчивость, формный вал, подшипники, цилиндрическая оболочка, подвеска, динамика процесса, потенциальная энергия, степень свободы.

DYNAMIC BEARING LOAD FORME SHAFT OF PRINTING MACHINE

Kurmanaliev K.K., Sultangalieva A.K., Turdukulova A.K., KSTU im.I.Razzakova.E-mail: turdukulovaa@list.ru

The question of the dynamic loads on the bearings of rotating bodies of homogeneous structures, cylindrical shells, as strong cylindrical shells and generally centered weight fairly, well understood and considered in the textbooks of the theory of machines and mechanisms, mechanics of machines, machine parts.

Gravure of printing machine shaft, in design, is not centered mass. At high angular speeds, on the bearings are multidirectional load. An analytical solution of the equations of motion of the shaft. From the analysis found generalized peaks of loads.

Keywords: printing machine, modulation, resistance, forme roller bearings, cylindrical shell, suspension, dynamics of the process, potential energy, the degree of freedom.

Вопросы о динамических нагрузках на подшипники вращающихся тел однородной структуры, цилиндрических оболочек, и вообще центрированной массы довольно хорошо изучены и рассматриваются в учебниках по теории машин и механизмов.

Формный вал [1] печатной машины конструкционно является структурно неоднородным, а также нецентрирован относительно подвесок (подшипников).

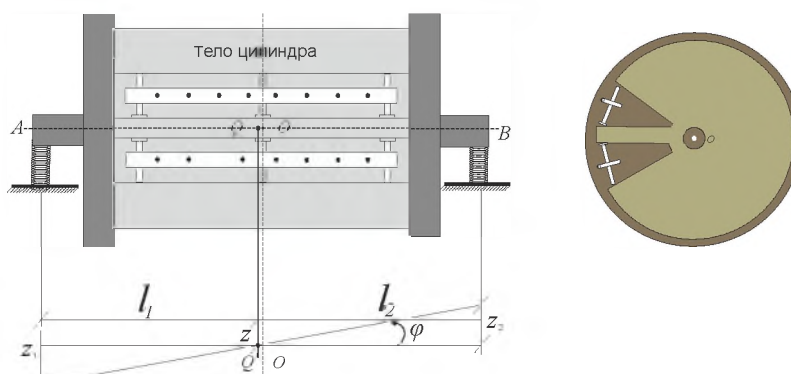


Рис. 1. Стандартный формный цилиндр: вид спереди и с торца.

Определение устойчивости вала в его средней вертикальной плоскости проведем при следующих допущениях: работа подшипников моделируется пружиной жесткости C_1 и C_2 , вес вала Q , расстояния от центра тяжести до осей пружин l_1 и l_2 , радиус инерции вала относительно оси вала ρ .

Колебание вала происходит в вертикальной плоскости относительно оси, проходящей через центр масс, тогда математическая система модулируется системой с двумя степенями свободы.

За обобщенные координаты [2] примем вертикальные колебания центра тяжести Q и угловые колебания; угол поворота вокруг оси, проходящей через точку Q .

z - вертикальные перемещения; φ - угловые колебания.

Запишем кинетическую энергию:

$$T = \frac{1}{2} \frac{Q}{g} \dot{z}^2 + \frac{1}{2} J_C \dot{\varphi}^2; \quad J_Q = \frac{Q}{g} \rho^2 - \text{момент инерции вала.}$$

Потенциальная энергия вала складывается из потенциальной энергии силы тяжести и потенциальных энергий пружин, в нашем случае, одинаковой жесткости $C = C_1 = C_2$, однако для разграничения в математических расчетах оставим до конечных результатов C_1 и C_2 .

$$\Pi = \Pi_z + \Pi_c = \Pi_z + \Pi_{c_1} + \Pi_{c_2}$$

Деформация пружины A равна $Z - z_1 = Z - \varphi l_1$ с учетом статической деформации будет $\Delta z_1 = f_A + z - \varphi l_1$

$$\text{Тогда } \Pi_A = \frac{1}{2} C_1 (f_A + z - \varphi l_1)^2 - \frac{1}{2} C_1 f_A^2$$

$$\text{Аналогично для пружины } B \quad \Pi_B = \frac{1}{2} C_2 (f_A + z - \varphi l_2)^2 - \frac{1}{2} C_2 f_B^2$$

Таким образом Π всей системы относительно обобщенных координат (z, φ)

$$\Pi = -Qz \frac{1}{2} C_1 (f_A + z - \varphi l_1)^2 - \frac{1}{2} C_1 f_A^2 + \frac{1}{2} C_2 (f_A + z - \varphi l_2)^2 - \frac{1}{2} C_2 f_B^2$$

В положении равновесия должно быть $\left. \frac{\partial \Pi}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} \right|_{\varphi=0} = 0$

Найдем

$$\left. \frac{\partial \Pi}{\partial z} \right|_{\substack{z=0 \\ \varphi=0}} = [-Q + C_1(f_A + z - l_1\varphi) + C_2(f_B + z - l_2\varphi)]_{z=0} = -Q + C_1f_A + C_2f_B$$

$$\left. \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} \right|_{\substack{z=0 \\ \varphi=0}} = [-C_1l_1(f_A + z - l_1\varphi) + C_2l_2(f_B + z - l_2\varphi)]_{z=0} = -C_1l_1f_A + C_2l_2f_B$$

Следовательно, параметры системы $\begin{cases} -Q + C_1f_A + C_2f_B = 0 \\ -C_1l_1f_A + C_2l_2f_B = 0 \end{cases}$

Преобразуем потенциальную энергию.

$$\Pi = (-Q + C_1f_A + C_2f_B)z + (-C_1l_1f_A + C_2l_2f_B)\varphi + \frac{1}{2}(C_1 + C_2)z^2 + (C_2l_2 - C_1l_1)z\varphi + \frac{1}{2}(C_1l_1^2 + C_2l_2^2)\varphi^2$$

Учитывая $\begin{cases} -Q + C_1f_A + C_2f_B = 0 \\ -C_1l_1f_A + C_2l_2f_B = 0 \end{cases}$

получим

$$\Pi = \frac{1}{2}(C_1 + C_2)z^2 + (C_2l_2 - C_1l_1)z\varphi + \frac{1}{2}(C_1l_1^2 + C_2l_2^2)\varphi^2$$

Уравнения Лагранжа II рода для системы из двух степеней свободы

$$(z, \varphi) \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{z}} - \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial \Pi}{\partial z}, \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = -\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi}$$

Для каждого члена уравнения:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{z}} = \frac{Q}{g} \ddot{z}, \quad \frac{\partial T}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial \Pi}{\partial z} = (C_1 + C_2)z + (C_2l_2 - C_1l_1)\varphi = 0$$

Подставляя в уравнения Лагранжа II рода

$$\begin{cases} \frac{Q}{g} \ddot{z} + (C_1 + C_2)z + (C_2l_2 - C_1l_1)\varphi = 0 \\ \frac{Q}{g} \rho^2 \ddot{\varphi} + (C_2l_2 - C_1l_1)\varphi + (C_1l_1^2 + C_2l_2^2)z = 0 \end{cases}$$

Обозначим

$$a = \frac{(C_1 + C_2)g}{Q}, \quad b = \frac{(C_2l_2 - C_1l_1)g}{Q}, \quad d = \frac{(C_1l_1^2 + C_2l_2^2)g}{Q}$$

Тогда $\begin{cases} \ddot{z} + az + b\varphi = 0, \\ \ddot{\varphi} + \frac{b}{\rho^2}z + \frac{d}{\rho^2}\varphi = 0. \end{cases}$

Ищем решение в виде:

$$\begin{aligned} z &= A \sin(kt + \varepsilon); \\ \varphi &= B \sin(kt + \varepsilon) \end{aligned}$$

Подставляя в дифференциальное уравнение

$$(a - k^2)A + bB = 0 \tag{1}$$

$$\frac{b}{\rho^2}A + \left(\frac{d}{\rho^2} - k^2\right)B = 0 \tag{2}$$

так как при любом нарушении устойчивости $\begin{vmatrix} a - k^2 & b \\ \frac{b}{\rho^2} & \frac{d}{\rho^2} - k^2 \end{vmatrix} = 0$ (3)

Раскроем определитель и получим: $k^4 - \left(\frac{d}{\rho^2} + a\right)k^2 + \frac{ad - b^2}{\rho^2} = 0$ (4)

Разрешая биквадратное уравнение, получим:

$$k_1^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{d}{\rho^2} + a \right) + \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{d}{\rho^2} + a \right)^2 - \frac{ad - b^2}{\rho^2}} \tag{5}$$

$$k_2^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{d}{\rho^2} + a \right) - \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{d}{\rho^2} + a \right)^2 - \frac{ad - b^2}{\rho^2}} \tag{6}$$

Найдем [3] отношение амплитуд A и B из (1, 2)

$$n_1 = \frac{A_1}{B_1} = \frac{b}{k_1^2 - a}, \quad n_2 = \frac{A_2}{B_2} = \frac{b}{k_2^2 - a} \tag{7}$$

Составим общее решение дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} z = n_1 B_1 \sin(k_1 t + \varepsilon_1) + n_2 B_2 \sin(k_2 t + \varepsilon_2), \\ \varphi = B_1 \sin(k_1 t + \varepsilon_1) + B_2 \sin(k_2 t + \varepsilon_2). \end{cases} \tag{8}$$

Численные эксперименты, проведенные в модельных испытаниях, показали, что если в первом приближении главных колебаний смещение центра тяжести даст крен на 0,01 мм, то формный вал повернется одновременно по ходу часовой стрелки на 0,1 градуса, что составляет 10%, отвечающих допуску технического регламента работы машин.

Во втором приближении главных колебаний отвечающие за угловые повороты практически отсутствуют.

В инженерных расчетах и эксплуатации печатных машин превалирует первая компонента пиковых значений возникающих амплитуд.

Теперь найдем обобщенную силу, действующую на подшипники A и B , возникающую от вертикальных и поворотных колебаний вала относительно точки центрирования Q .

Систему уравнения движения определим из плоского движения нецентрированного вала относительно выбранной системы координат, отнесенной к физическому центру вала.

$$\frac{P}{g} \frac{d^2 z}{dt^2} = F_z; \quad J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = M_Q(F) \quad (9)$$

Тогда инерционные и поворотные силы из полученных общих решений

$$F_z = \frac{P}{g} \frac{d^2}{dt^2} (n_1 B_1 \sin(k_1 t + \varepsilon_1) + n_2 B_2 \sin(k_2 t + \varepsilon_2)) \quad (10)$$

$$M_Q(F_Q) = J \frac{d^2}{dt^2} (B_1 \sin(k_1 t + \varepsilon_1) + B_2 \sin(k_2 t + \varepsilon_2))$$

Раскрывая вторые производные по времени получим

$$F_z = \frac{P}{g} [(n_1 B_1 k_1^2 (-1) \sin(k_1 t + \varepsilon_1) + n_2 B_2 k_2^2 (-1) \sin(k_2 t + \varepsilon_2))] \quad (11)$$

$$M_Q(F_z) = J \cdot [(B_1 k_1^2 (-1) \sin(k_1 t + \varepsilon_1) + B_2 k_2^2 (-1) \sin(k_1 t + \varepsilon_2))]$$

Переходя к обобщенным координатам получим

$$F_z = -\frac{P}{g} k^2 \frac{d^2 z}{dt^2}; \quad M_Q(F_z) = -J k^2 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} \quad (12)$$

Выводы: таким образом, мы получили что силовые характеристики, действующие на подшипники, формируются из собственных физических характеристик и динамической эксплуатации формного вала печатной машины.

Список литературы

1. Ллойд Деджидас, Томас Дистри. Листовая офсетная печатная машина. – М.: Принтмедиацентр, 2007. – 490 с.
2. Бухгольц Н.В. Основы теоретической механики. Т.2. – М.: Высшая школа, 2002. – 450 с.
3. Курманалиев К., Султангазиева А.К., Турдукулова А.К. Вертикальные колебания формного вала.

References

1. Lloyd Dedzhidas Thomas distro. Sheetfed offset press. - M.: Printmediatsentr, 2007. - 490 p.
2. Buchholz NV Basics of theoretical mechanics. V.2. - M.: Higher School, 2002. - 450 p.
3. Kurmanaliev K. Sultangazieva AK, AK Turdukulova Vertical oscillations of the printing shaft.

УДК 681.625.23; 531.01

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ФОРМНОГО ВАЛА

Курманалиев К.К., Султангазиева А.К., Турдукулова А.К., КГТУ им. И. Раззакова, тел.: (+996) 312 56-14-55; e-mail: aselix@mail.ru

Физические принципы работы формных валов печатных машин любой марки абсолютно идентичны. Рассчитаны динамические нагрузки на поддерживающие подшипники. Рекомендованы корреляционные формулы расчета конкретных машин, несимметричных относительно середины плоскости. Динамические уравнения могут быть получены из равнения Лагранжа второго рода модулированных из вертикальных и колебательных движений формного вала. Динамические нагрузки определяются из математической системы при некоторых физических допущениях позволяющий характеризовать работу цилиндрических аналогий.

Ключевые слова: формный вал, подшипники, пружина, модуляция, корреляция, обобщенные координаты, потенциальная энергия, степень свободы, устойчивость, уравновешенность, динамика процесса.