

Препараты Fennotox S2, Woodgard EC 979-9006 содержат карбендазим. Действие его основано на способности реагировать с белком микротрубочек тубулином, препятствуя тем самым нормальному делению клетки. Это было подтверждено рядом исследований [4], которые показали, что тубулин из экстрактов грибов *Aspergillus nidulans* имеет высокое сходство с карбендазимом. Напротив, тубулин, полученный из штаммов грибов *A. nidulans*, устойчивых к карбендазиму, не показал сродства к бензимидазольным препаратам. С помощью электронного микроскопа установлено взаимодействие карбендазима с микротрубочками и вмешательство в некоторые стадии митоза. Мутагенное действие карбендазима бактерий основано на включении его микроколичеств в состав нуклеиновых кислот. Карбендазим влияет и на другие пути метаболизма, например, на синтез белка, что связано с повреждением микротрубочек.

Проведенные исследования показали, что наиболее распространенными активными ингредиентами антисептиков, серийно применяемых в промышленности разных стран, являются хлорорганические соединения, соли меди, четвертичные аммониевые соединения, беномил, карбендазим.

Сведения о механизме действия ингредиентов на метаболизм и структуру клеток могут быть использованы при создании многокомпонентных антисептиков для защиты древесины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Пронин С. В., Жуков В. Г., Торсунова Э. М. Влияние катионного поверхностно-активного вещества (катамин АБ) на физиолого-морфологические свойства *V. cereus* и *E. coli* // Изв. АН СССР.— 1991.— № 1.— С. 31—42. [2]. Рудзит Э. А. Сравнение антимикробных свойств катамина АБ и роккала и их действие на мембранные системы бактерий // Антибиотики.— 1981.— № 11.— С. 847. [3]. Физиология растительных механизмов и роль металлов / Под ред. Н. М. Черновской.— М.: Изд-во МГУ, 1988.— 157 с. [4]. Хаскин Б. А. Механизм действия системных фунгицидов // Журн. всеююз. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева.— 1988.— № 6.— С. 698—708. [5]. Seiler I. P. Toxicology and genetic effect of benzimidazole compounds // *Mutat. Res.*— 1975.— N 32.— P. 151—168.

Поступила 9 марта 1992 г.

УДК 621.887

## ДЕРЕВЯННАЯ ТОЛСТОСТЕННАЯ ВТУЛКА РАВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВНЕШНЕМУ ДАВЛЕНИЮ

Ю. Ф. ЧЕРНЫШЕВ, И. А. ЗЫРЯНОВ

Красноярский политехнический институт

Долговечность и надежность подъемно-транспортного и технологического оборудования обеспечиваются в первую очередь износостойкостью рабочих элементов узлов трения. В качестве антифрикционного материала часто применяют прессованную древесину, обладающую высокими физико-механическими свойствами и низким коэффициентом трения. Преимущества подшипников из самосмазывающейся прессованной древесины весьма разнообразны [1].

Однако прессованная древесина как подшипниковый материал обладает целым рядом недостатков (размерно- и формоизменяемость при перемене гидротермических условий рабочей и окружающей среды, низкая теплопроводность, аккумуляция статического электричества и др.), ограничивающих область использования и снижающих диапазон нагрузочно-скоростного режима.

Перспективным способом снижения отрицательных свойств прессованной древесины является пропитка ее легкоплавкими сплавами на основе олова или свинца. Получаемый новый материал называют металлизированной прессованной древесиной (МДП) [4].

В зависимости от технологии изготовления втулок (прессование изнутри или снаружи) разница плотностей внутренних и наружных слоев древесины составляет до 25 % [5], а при пропитке легкоплавкими сплавами она увеличивается в 3—4 раза [4]. Так как модуль упругости при растяжении и сжатии материала линейно зависит от его плотности, то он будет зависеть также и от радиуса втулки.

Предполагаем, что

$$E = E_0 \rho^{\nu},$$

где  $E_0$  и  $E$  — модули упругости при растяжении или сжатии в тангенциальном направлении наружного слоя втулки и слоя с радиусом  $r$ ;

$\rho$  — относительный текущий радиус,  $\rho = r/r_1$ ;

$r$  — текущий радиус;

$r_1$  — наружный радиус;

$\nu$  — некоторая, соответствующим образом подобранная величина (характеристика изменения модуля упругости).

Следует отметить, что толстостенные цилиндрические втулки с переменной по радиусу плотностью могут быть изготовлены на предприятиях композитных материалов и порошковой металлургии.

Принимаем, что материал втулки из МДП удовлетворяет условию ортогональной анизотропии. Каждый ее элемент имеет три плоскости упругой симметрии. Одна совпадает с радиальным направлением, вторая — с тангенциальным, а третья — перпендикулярна первым двум, т. е. совпадает с направлением, параллельным продольной оси втулки. В этом случае втулку можно рассматривать как тело, обладающее цилиндрической анизотропией, например втулку, изготовленную из древесины путем высверливания вдоль волокон, контурного прессования или сложного поперечного гнутья.

В машиностроении широко используется механическая или горячая прессовая посадка деталей. При запрессовке толстостенных анизотропных цилиндров переменной плотности в металлические обоймы имеем цилиндр, нагруженный внешним давлением, т. е. частный случай задачи, решенной в работе [3].

Для цилиндра с постоянной по радиусу плотностью при действии на него внешнего давления опасным слоем является внутренний, так как там возникают наибольшие нормальные напряжения в тангенциальном направлении [2]. Эти напряжения в основном и определяют прочность толстостенного цилиндра.

Эквивалентное напряжение по теории наибольших касательных напряжений

$$\sigma_{\text{эkv}} = \sigma_1 - \sigma_3. \quad (1)$$

Здесь  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  — главные напряжения,  $\sigma_1 = \sigma_r = 0$ ;  $\sigma_3 = \sigma_\theta = -2p/(1 - C^2)$  [1];

$\sigma_r$  и  $\sigma_\theta$  — радиальное и тангенциальное напряжения;

$p$  — наружное давление [2];

$C$  — относительный геометрический размер,  $C = r_2/r_1$ ;

$r_2$  — внутренний радиус.

Подставляя значения главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  в уравнение (1), получаем  $\sigma_{\text{эkv}}$  на внутреннем слое втулки постоянной плотности

$$\sigma_{\text{экв}}^I = \frac{2p}{1-C^2}. \quad (2)$$

Известно, что внешнее давление, воспринимаемое втулкой постоянной плотности без пластических деформаций, не может быть больше  $0,50 \sigma_T$  по теории наибольших касательных напряжений и  $0,57$  по энергетической теории формоизменения ( $\sigma_T$  — предел текучести материала стенок втулки), как бы не увеличивали толщину стенки втулки. Объясняется это тем, что с повышением толщины нормальные напряжения в тангенциальном направлении  $\sigma_\theta$  быстро убывают, и материал наружных слоев работает малоэффективно.

Распределение нормальных напряжений в тангенциальном направлении втулки по толщине стенки можно улучшить, разгрузив внутренние слои за счет более интенсивного использования наружных. Причем можно добиться равнопрочности внутренних и наружных слоев, распределив соответствующим образом плотность материала по радиусу.

В толстостенной втулке переменной плотности имеем: на внутреннем слое [3]

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_r = \sigma_z = 0; \quad \sigma_3 = \sigma_\theta = \frac{C^{a+b-1}(2b)}{1-C^{2b}} (-p);$$

на наружном слое

$$\sigma_1 = \sigma_z = 0; \quad \sigma_2 = \sigma_r = -p;$$

$$\sigma_3 = \sigma_\theta = \frac{(a+b) - (a-b)C^{2b}}{1-C^{2b}} (-p),$$

где

$$a = \nu/2;$$

$$b = \frac{\sqrt{\nu^2 + 4(1-\mu\nu)k^2}}{2};$$

$\mu = 0,3$  — коэффициент поперечной деформации;

$k$  — коэффициент анизотропии материала стенки,  $k = \sqrt{E_\theta/E_r} = 1$ .

Используя уравнение (1), записываем эквивалентное напряжение по теории наибольших касательных напряжений:

на внутреннем волокне

$$\sigma_{\text{экв}}^{II} = \frac{C^{a+b-1}(2b)}{1-C^{2b}} p; \quad (3)$$

на наружном волокне

$$\sigma_{\text{экв}}^{II} = \frac{(a+b) - (a-b)C^{2b}}{1-C^{2b}} p. \quad (4)$$

Условие равнопрочности внутреннего и наружного слоев получаем, приравняв эквивалентные напряжения (3), (4) толстостенного цилиндра переменной плотности:

$$\frac{C^{a+b-1}(2b)}{1-C^{2b}} p = \frac{(a+b) - (a-b)C^{2b}}{1-C^{2b}} p. \quad (5)$$

В результате численного решения трансцендентного уравнения (5) находим значения  $\nu$  и  $\Pi$  ( $\Pi$  — отношение плотности наружного слоя втулки к плотности внутреннего) при изменении  $C$  от 0,30 до 0,85. Затем по формулам (2), (5) определяем эквивалентные напряжения в опасных точках толстостенной втулки. Результаты расчетов приведены в таблице.

Относительный размер $C$	Характеристика изменения модуля упругости $\nu$	Отношение плотностей наружного и внутреннего слоев $\Pi$	Эквивалентное напряжение, доли $\rho$		Расхождение между $\sigma_{I экв}$ и $\sigma_{II экв} \cdot \%$
			$\sigma_{I экв}$	$\sigma_{II экв}$	
0,30	0,67	2,24	2,20	1,50	46,3
0,40	0,73	1,95	2,38	1,72	38,3
0,45	0,76	1,83	2,51	1,87	34,3
0,50	0,80	1,74	2,67	2,05	30,1
0,55	0,81	1,62	2,87	2,26	27,0
0,60	0,84	1,54	3,12	2,53	23,4
0,65	0,86	1,45	3,46	2,88	20,1
0,70	0,88	1,37	3,92	3,35	17,0
0,75	0,90	1,30	4,57	4,02	13,9
0,80	0,93	1,23	5,56	5,02	10,8
0,85	0,95	1,17	7,21	6,68	7,9

Как видно из таблицы, толстостенная втулка постоянной по радиусу плотности имеет большее эквивалентное напряжение по сравнению с втулкой переменной плотности. Расхождение между этими параметрами составляет от 46,3 до 7,9 %.

Следовательно несущая способность (прочность посадки) втулки переменной плотности будет больше на такую же величину. При изготовлении втулок исследуемых размеров отношение плотностей наружного и внутреннего слоев изменяется от 2,24 до 1,17 раз. Для втулок из МДП это отношение в зависимости от технологии изготовления может составлять от 4 до 1.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Воронков Б. Д. Подшипники сухого трения.—Л.: Машиностроение, 1979.—224 с. [2]. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов.—М.: Наука, 1986.—512 с. [3]. Чернышев Ю. Ф. Напряженное состояние ортотропного цилиндра переменной плотности // Лесн. журн.—1990.—№ 6.—С. 71—75.—(Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Чубов Н. И. Металлизированная прессованная древесина.—Воронеж: ВГУ, 1975.—136 с. [5]. Шейдин И. А., Пюдик П. Э. Технология производства древесных пластиков и их применение. М.: Лесн. пром-сть, 1971.—264 с.

Поступила 19 октября 1992 г.