

## НАДЕЖНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

В. Э. Завистовский

*Полоцкий государственный университет, Новополоцк*

*Надежность определяется методами расчета, оценивания или прогнозирования. Учитывая большое разнообразие видов и модификаций деталей машин и существенное различие режимов их работы в разных системах, результаты расчета надежности механических или технологических систем носят лишь ориентировочный характер и ими, как правило, пользуются на стадии проектирования.*

Анализ видов повреждений деталей машин, включая и восстановленных, показывает, что одной из основных причин выхода их из строя является наличие дефектов металла, сварки, усталостных трещин и т.п. Наличие дефектов обусловлено как технологией изготовления изделия, так и его эксплуатацией. Непровары, поры, несплавления и другие дефекты рассматривают как трещины, их делят на одиночные и групповые дефекты.

Статистический анализ показал, что в качестве аппроксимирующей функции плотности распределения размера начального дефекта можно использовать двухпараметрический закон Вейбулла. Наряду с этим привлекают и ряд других зависимостей [1]. Выражения для плотности распределения применяемых ниже законов (нормального, двухпараметрического распределения Вейбулла – Гнеденко, равномерного) следующее:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left(-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}\right), \quad -U_P \leq \frac{x-m_x}{\sigma_x} \leq U_P; \quad (1)$$

$$f(x) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{x}{\theta}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{\theta}\right)^\beta\right), \quad 0 \leq \frac{x}{\theta} \leq U_P; \quad (2)$$

$$f(x) = 1/(2x_P), \quad m_x - x_P \leq x \leq m_x + x_P, \quad (3)$$

где  $m_x$ ,  $\sigma_x$ ,  $\theta$ ,  $\beta$ ,  $x_P$  – параметры соответствующих распределений.

Вне указанных интервалов значение  $f(x)$  принято равным нулю, вследствие чего выполняется нормирование функций.

Размер критических дефектов находят через характеристики статической трещиностойкости. Распределение усталостной трещины происходит до тех пор, пока величина коэффициента интенсивности напряжения

(КИН) не превысит своего предельного значения  $K_{fc}$ , которое часто заменяют на предельное значение КИН при статическом нагружении  $K_{1c}$ , определяемое по ГОСТ 25.506-85, т.е. используют условие статической трещиностойкости. Переход от значения  $K_{fc}$  к  $K_{1c}$  ( $K_c$  для заданной толщины) можно осуществлять при известных сведениях об этих характеристиках, т. к. в ряде случаев параметр циклической трещиностойкости может быть ниже и иметь меньший разброс [2].

В качестве параметра поврежденности рассматривают не только длину трещины, но и другие показатели уровня дефектности [3, 4]. Численные методы допускают применение различных законов роста дефектов.

Для одиночной трещины в момент времени  $t$  [5] вероятность того, что длина трещины будет меньше заданного значения, имеет вид

$$P\{x_t \leq b\} = \int_0^b f_0(x, \theta_0) P\{x_t \leq b | x = x_0\} dx, \quad (4)$$

где  $P\{x_t \leq b | x = x_0\}$  – вероятность того, что трещина с начальной длиной  $x = x_0$  за время  $t$  увеличит свою длину до значения  $x_t$ , не превышающего  $b$ .

Известно, что повреждаемость материалов на инкубационной стадии макроскопического разрушения характеризуется развитием системы микродефектов, проявляющимся в непрерывном их зарождении и увеличении размеров [6]. При этом предельное состояние – образование макротрещины – может быть достигнуто либо за счет объединения части дефектов, когда размеры наибольших трещин станут соизмеримы со средним расстоянием между трещинами в системе, либо путем развития доминирующей микротрещины до уровня макротрещины. Учитывая неоднородность структурных свойств материалов на участках, соизмеримых по размерам с микрометровыми трещинами, можно утверждать, что длины таких трещин будут случайными величинами.

Эксплуатация целого ряда машин и механизмов недопустима при наличии в ответственных деталях макроскопических трещин. Ресурс таких деталей будет лимитироваться временем развития малых трещин до образования одной или нескольких макротрещин длиной, достаточной для их надежной идентификации методами неразрушающего контроля. Очевидно, что разработка мероприятий по управлению надежностью на основе прогнозной информации является типичной задачей принятия решений в условиях неопределенности, зависящей от так называемых природных факторов, не известных или известных с недостаточной точностью в момент принятия решения и обусловленная их недостаточной изученностью [7].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Завистовский, В. Э. Обзор законов распределения случайных величин при расчетах надежности технических систем / В. Э. Завистовский // Вест. Полоц. гос. ун-та. Сер. С. – 2004. Фундаментальные науки. – № 4. – С. 108 – 122.
2. Применение инженерных методов расчета показателей надежности элементов конструкций с повреждениями / Н. А. Махутов [и др.] // Проблемы прочности. – 1991. – № 5. – С. 3 – 8.
3. Проников, А. С. Надежность машин / А. С. Проников. – М.: Машиностроение, 1978. – 490 с.
4. Когаев, В. П., Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность / В. П. Когаев, Н. А. Махутов, А. П. Гусенков. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
5. Бруевич, Н. Г. Количественные оценки надежности изделия / Н. Г. Бруевич // Основные вопросы теории и практики надежности. – М.: Сов. радио, 1971. – С.5 – 25.
6. Богдановф, Дж. Вероятностные модели накопления повреждений / Дж. Богдановф, Ф. Козин. – М.: Мир, 1989. – 344 с.
7. Завистовский, В. Э. Надежность элементов конструкций с повреждениями / В. Э. Завистовский, О. В. Коробов // Вест. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Строительство. – 2011. – № 8. – С. 42 – 47.

## УДК 674.05

### **ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ УПРОЧНЯЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ. ТРИБОЛОГИЯ И ХАРАКТЕР ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ**

**И. В. Мурашова, А. Д. Губко, И. Г. Олешук, И. Л. Поболь**  
*физико-технический институт НАН Беларуси, Минск*

*Исследованы возможности повышения ресурса работы режущего инструмента в процессе резания древесных материалов путем нанесения тонкопленочных покрытий. Установлено, что путем упрочнения поверхности твердосплавного инструмента покрытиями систем Ti-TiN и ZrCN достигается повышение ресурса работы ножей в процессе черновой обработки кромок дверей из сосны и ели в 5,4 раза, при этом коэффициент трения снижается, а микротвердость возрастает.*

Резание древесных материалов отличается от резания металлических материалов. В первую очередь это связано с ухудшением теплоотвода в процессе резания. В настоящее время в деревообрабатывающей промышленности широкое применение находит инструмент из твердого сплава. Его достоинствами являются высокие значения прочности и твердости.