

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАГРУЖЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТАЛОСТНЫХ СВОЙСТВ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

In article the opportunity and prospects of use high-frequency exertion for definition of fatigue characteristics of materials of band saws is considered.

Использование ленточных пил в условиях деревообрабатывающих предприятий Республики Беларусь позволяет существенно снизить затраты на электроэнергию и повысить процентный выход и сортность пиломатериалов за счет небольшой толщины пропила и возможности проведения открытой индивидуальной распиловки бревен.

Однако проблемы, возникающие при эксплуатации ленточных пил, являются одним из факторов, сдерживающих их широкое распространение. Такими проблемами являются недостаточная долговечность полотна ленточной пилы и неудовлетворительная точность распиловки при больших скоростях подачи. Данные факторы взаимосвязаны друг с другом, т. е. при увеличении натяжения полотна, обеспечивающего более высокую точность распиловки, долговечность ленточной пилы снижается.

Практикой установлено, что разрушение полотна в основном носит усталостный характер, причем главной причиной выхода из строя ленточных пил являются зарождение и рост усталостных трещин во впадинах зубьев. Появление данных трещин объясняется наличием значительных (до 220 МПа) циклических напряжений изгиба при огибании лентой шкивов с частотой нагружения 6–18 Гц.

Анализ проблемы недостаточной долговечности полотна ленточной пилы показал, что существуют следующие пути ее решения.

1. Замена стали, используемой для изготовления полотна пилы, на новую, с более высоким показателем предела выносливости σ_{-1} .

2. Изменение или корректировка изготовления и подготовки ленточных пил, а именно режимов термообработки, термопластической обработки, и тем самым получение определенной структуры и субструктуры материала полотна пилы.

3. Изменение режимов эксплуатации и последующей подготовки ленточных пил (время непрерывной работы пилы, скорости резания и подачи, режимы заточки и повторной вальцовки полотна пилы и пр.).

Чтобы исследовать влияние данных факторов на долговечность полотна пилы, необходимо проводить обширные испытания по определению усталостных характеристик и свойств материалов, из которых она изготовлена. Современные методы усталостных испытаний характеризуются высокой энергоемкостью и дли-

тельностью. Нагружение образцов обычно происходит с частотой до 300 Гц, поэтому для достижения необходимой базы испытаний (10^7 циклов для стали) требуется непрерывное время работы испытательной машины 9–10 ч. При высокочастотном резонансном нагружении время, необходимое для достижения такой базы, составляет всего 30 мин. Многочисленные исследования показали, что механизм накопления усталостных повреждений при высокочастотном нагружении практически идентичен низкочастотному.

При использовании установок данного типа необходимым условием является резонансный режим работы, который способствует достижению повреждающих напряжений в материале при минимальных энергетических затратах.

При установившемся резонансе частота и форма колебаний совпадает с собственной частотой и формой колебаний образца, поэтому для определения его напряженного состояния необходимо провести анализ собственных колебаний.

Исходя из того, что колебания образца упругие, соотношения между напряжениями и деформациями описываются законом Гука при определении значений модуля упругости динамическим способом. Дифференциальное уравнение движения упругой балки без учета деформаций сдвига и инерции вращения имеет вид [1]

$$\frac{d^4 W}{dx^4} - k^4 W = 0, \quad (1)$$

где $k^4 = \frac{\omega^2 \rho F}{EJ}$ – волновой коэффициент; W – прогиб; $\omega = 2\pi f$ – круговая частота колебаний; ρ – плотность материала; E – модуль Юнга; J – момент инерции поперечного сечения относительно нейтральной оси; F – площадь поперечного сечения стержня.

Для консольной балки функция прогибов описывается зависимостью

$$(x) = W_0 [S(kx) + \beta T(kx)] \quad (2)$$

где W_0 – амплитуда колебаний свободного конца образца; β – коэффициент, зависящий от формы колебаний (–0.7341 – для первой формы, –1.0185 – для второй);

$$S(x) = 0,5(\operatorname{ch} kx + \cos kx);$$

$$T(x) = 0,5(\operatorname{sh} kx + \sin kx);$$

$$U(x) = 0,5(\operatorname{ch} kx - \cos kx);$$

$V(x) = 0,5(\operatorname{sh} kx - \sin kx)$ – функции Крылова. Напряжения в балке определяются по выражению

$$\sigma(x) = W_0 \cdot \frac{6\rho}{h} \cdot \left(\frac{2\pi f}{k}\right)^2 (U(kx) + \beta V(kx)). \quad (3)$$

Уравнение (3) позволяет выявить, что максимальные напряжения действуют в заделке, где довольно значительно влияние таких трудно поддающихся учету факторов, как эффекты от заделки контактная коррозия и пр. Для смещения места усталостного разрушения из района заделки, необходимо использовать образцы с увеличенной площадью сечения в месте крепления и колеблющиеся по второй собственной форме. В этом случае имеется второй максимум напряжений, расположенный примерно по середине рабочей части, где и проходит зарождение и развитие усталостной трещины.

Установка для высокочастотных испытаний (рис. 1) представляет собой корпус с расположенным в нем магнитострикционным преобразователем и обмотками возбуждения и подмагничивания [2].

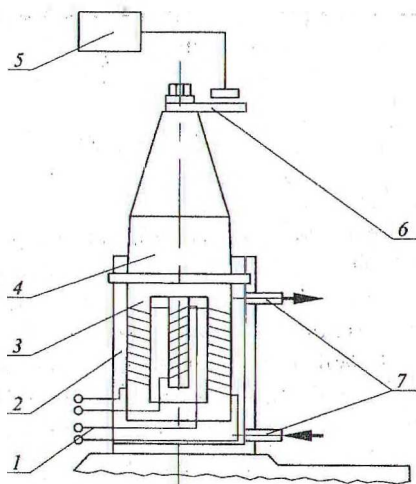


Рис. 1. Установка для высокочастотных испытаний.

1 – токоподводящие провода; 2 – корпус;
3 – магнитостриктор; 4 – концентратор;
5 – виброметр; 6 – образец;

7 – патрубки для подвода охлаждающей воды

Для предотвращения перегрева обмотки охлаждаются проточной водой, подаваемой через специальные патрубки. Магнитострикционный преобразователь питается высокочастотным переменным электрическим током и возбужда-

ет механические колебания. Колебания через концентратор передаются образцу.

Все элементы колебательных систем выполняются с одинаковой собственной частотой, что позволяет при работе установки на данной резонансной частоте получить в образце максимальную амплитуду колебаний и, соответственно, напряжений.

Нами предполагается использовать образцы, имеющие вид заземленной консольной балки. Основные размеры показаны на рис. 2.

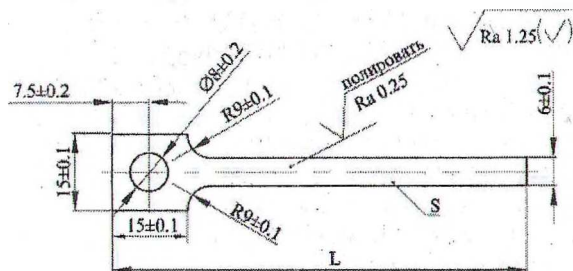


Рис. 2. Образец для высокочастотных испытаний

Образцы вырезаются из полотна ленточной пилы толщиной S таким образом, чтобы ось симметрии совпадала с направлением прокатки. Боковая поверхность образцов шлифуется в размер и полируется для устранения дефектов обработки и их влияния на результаты исследований. После изготовления образцы сортируются по группам.

Для исследования изменения физико-механических свойств материала пилы в процессе нагружения у всех образцов измеряются исходные значения структурно-чувствительных свойств (микротвердость, электросопротивление и магнитные свойства).

Литература

1. Новицкий А. В., Царук Ф. Ф., К расчету напряженного состояния балочных образцов-моделей элементов технологического оборудования при рабочих температурах // Труды БГТУ. Сер. II. Лесн. и деревооб. пром-сть. – Мн., 2000. – Вып. VIII. – С. 213–218.
2. Довгяло И. Г., Царук Ф. Ф., Бельский С. Е., Капсаров А. Г., Влияние частоты механических колебаний на циклическую прочность деталей машин при различных схемах напряженного состояния // Труды БГТУ. Сер. II. Лесн. и деревооб. пром-сть. – Мн., 2000. – Вып. VII. – С. 149–152.