

УДК 674.023

С. В. Киселев, преподаватель (БГТУ); **А. Ф. Дулевич**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);
А. В. Блохин, кандидат технических наук, старший преподаватель (БГТУ).

СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОВЕДЕНИЯ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ УЗКИХ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ ДЛЯ РАСПИЛОВКИ БРЕВЕН

В статье рассмотрен способ контроля параметров проведения упругопластического деформирования ленточных пил. В качестве контролируемых параметров приняты остаточный радиус кривизны пилы и скорость деформирования. Описана конструкция измерительного прибора для определения остаточного радиуса кривизны образца пилы, прошедшего деформирование. Проведена оценка погрешности измерения.

The method of controlling the parameters of the elastoplastic deformation band saws describes in the article. The residual curvature radius of the band saw blade and the strain rate adopted as controlled parameters. Described the construction of an apparatus for determining the residual radius of curvature of the sample saw. The measurement error defined.

Введение. Одной из актуальных задач, возникающих при эксплуатации узких ленточных пил для распиловки бревен, является уменьшение случаев аварийного выхода из строя по причине разрыва полотна пилы за счет повышения ее усталостной долговечности. Существует несколько путей решения данной задачи, однако в условиях деревообрабатывающих предприятий наиболее перспективным является способ повышения долговечности за счет предварительного упругопластического деформирования полотна ленточной пилы [1]. Суть метода заключается в прокатке новой пилы на шкиве малого радиуса, при этом в поверхностных слоях пилы происходит упругопластическая деформация. После прокатки пила получает предварительное искривленное состояние, а во внешнем слое полотна создаются остаточные напряжения сжатия. Повышение долговечности происходит за счет уменьшения амплитудных напряжений в пиле, что обусловлено двумя факторами. Первое – при установке прокатанной пилы на шкивы станка пила изгибается на меньшую величину, чем такая же, но не прошедшая обкатку. Второе – остаточные напряжения сжатия во внешних слоях вычитаются из растягивающих напряжений, возникающих в пиле от изгиба на шкивах.

Основная часть. Авторами разработано математическое обоснование проведения упругопластического деформирования, позволяющее определять величину остаточного радиуса пилы $\rho_{\text{ост}}$, значения остаточных напряжений в поверхностных слоях $\sigma_{\text{ост}}$ и напряжения, возникающие в пиле после установки ее на станок $\sigma_{\text{изг}}$ в зависимости от механических характеристик материалов пилы и радиуса шкива, на котором проводится деформирование пилы [2].

В разработанной математической модели также учитывается различное поведение материалов в области пластических деформаций,

а именно наличие либо отсутствие площадки упрочнения на диаграмме растяжения.

Остаточный радиус кривизны может быть определен по следующим зависимостям. Для материалов с горизонтальной площадкой текучести:

$$\frac{1}{\rho_{\text{ост}}} = \frac{1}{R_T + 0,5s} - \frac{12\sigma_T}{E} \left(\frac{1}{4s} - \frac{1}{3s} \left(\frac{\sigma_T (R_T + 0,5s)}{E \cdot s} \right)^2 \right). \quad (1)$$

Для материалов с площадкой упрочнения:

$$\frac{1}{\rho_{\text{ост}}} = \frac{12}{(R_T + 0,5s) E s^3} \times \left(\frac{E_T s^3}{12} + \frac{(E - E_T) \sigma_T^3 (R_T + 0,5s)^3}{3E^3} + \frac{(E - E_T) s^2 \sigma_T (R_T + 0,5s)}{4E} \right), \quad (2)$$

где R_T – радиус шкива, на котором проводится деформирование; s – толщина пилы; E – модуль упругости материала пилы; E_T – модуль упрочнения; σ_T – предел текучести материала пилы.

Проведение операции деформирования проводится на установке, представленной на рис. 1. Установка представляет собой корпус 1 в котором размещены блок питания блока управления, привод шкива деформирования, состоящий из двигателя и двухступенчатого червячного редуктора, механизма перемещения роликов. Вокруг шкива 2 расположены прижимные ролики 3, имеющие возможность перемещения в плоскости шкива относительно его центра. Узкая ленточная пила 4 устанавливается на шкив 2 на котором имеется буртик, предотвращающий осевое перемещение пилы. Остальная часть пилы поддерживается на опорах 7. К шкиву для предотвращения проскальзывания

по нему пилы крепится пластина с выступами, которые вступают в зацепление с зубьями и передают на них тяговое усилие.

Одним из параметров проведения операции упругопластического деформирования является скорость деформирования. Как было показано в предыдущих исследованиях, заданную величину остаточного радиуса кривизны образец получает при времени деформирования $t = 8-9$ с. При меньшем значении времени деформирования остаточный радиус больше расчетного. Предположительно это связано с явлением упругого последействия, являющегося одним из видов релаксации. Таким образом, обкатывание пилы на шкиве должно производиться с минимально необходимой скоростью $V_{\text{деф}}$, при которой время нахождения участка пилы на шкиве будет не менее чем 9 с. Исходя из данного времени и того, что пила огибает шкив с углом охвата 180° , частота вращения шкива составляет $n = 3,3 \text{ мин}^{-1}$ и не зависит от диаметра шкива.

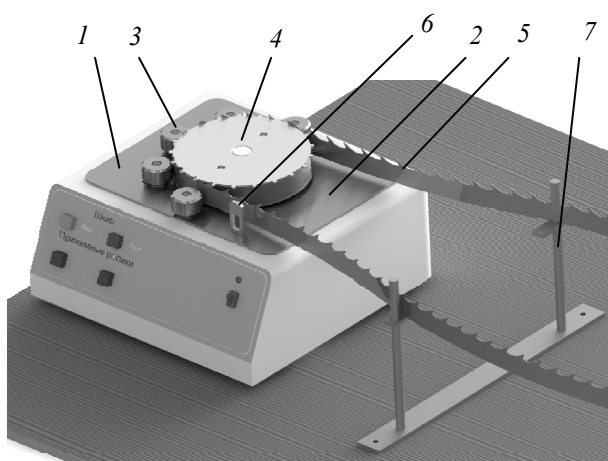


Рис. 1. Установка для проведения упругопластического деформирования ленточной пилы:

- 1 – основание; 2 – шкив; 3 – прижимной ролик;
- 4 – пластина с выступами; 5 – ленточная пила;
- 6 – стойка датчика; 7 – поддерживающие опоры

Режимами предусмотрено однократное деформирование пилы с целью предотвращения накопления усталостных повреждений в ее полотне. Для удобства контроля данного параметра предложено следующее конструктивное решение. На корпусе установки размещена стойка б, на которой закреплен датчик холла. На первый зуб пилы, который находится за датчиком по ходу деформирования, крепится магнит. При прохождении полного круга магнит действует на датчик, который посылает управляющий импульс на остановку двигателя привода шкива.

Вторым параметром, позволяющим провести оценку адекватности разработанного теоретического обоснования операции упругопла-

стического деформирования, определить рациональные режимы его проведения и дать возможность контролировать операцию, является остаточный радиус кривизны пилы $\rho_{\text{ост}}$ ввиду наглядности и относительной простоты измерения. Единственным недостатком данного параметра является то, что для его определения необходимо разрезать полотно пилы для получения образца в свободном состоянии.

Для экспериментального определения величины остаточного радиуса первоначально был предложен способ сравнения полотна ленточной пилы с шаблоном, представляющим собой плоскую поверхность с нанесенными на нее эталонными дугами разных радиусов, рис. 2 [2].

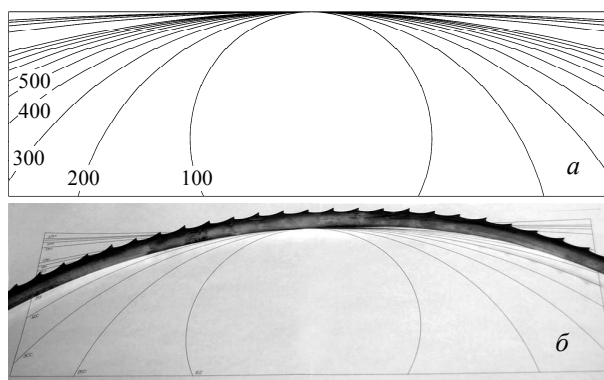


Рис. 2. Определение остаточного радиуса кривизны: а – шаблон для измерения радиуса кривизны; б – схема измерения радиуса

Однако такой способ имеет существенные недостатки, а именно дискретность эталонных радиусов на шаблоне, субъективная оценка момента совпадения контролируемого образца и дуги и, как следствие, низкая точность измерения.

С целью увеличения точности измерения был разработан способ определения остаточного радиуса кривизны по величине прогиба на заданном расстоянии. Схема измерения приведена на рис. 3.

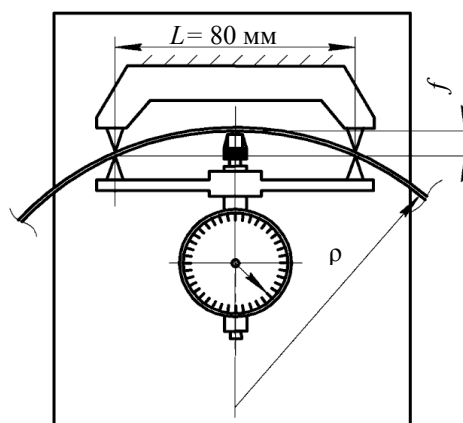


Рис. 3. Схема измерения остаточного радиуса кривизны полотна ленточной пилы

Для реализации предложенной схемы измерения был разработан измерительный прибор, представляющий собой основание из стекла, на котором установлена упорная планка, имеющая два измерительных упора (рис. 4).

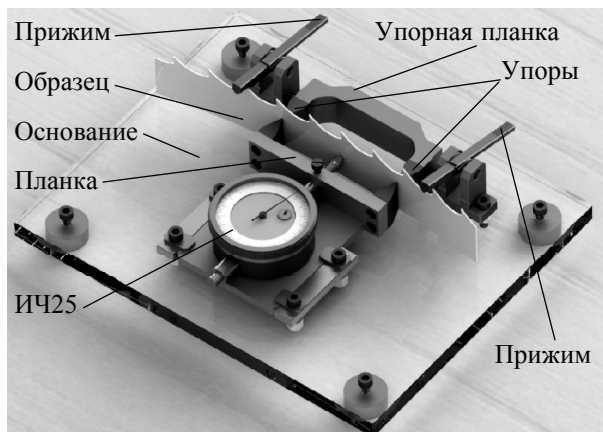


Рис. 4. Измерительный прибор для контроля радиуса кривизны образца ленточной пилы

Расстояние между упорами является базой измерений L ($L = 80$ мм). На плиту устанавливается образец ленточной пилы до соприкосновения с поверхностями измерительных упоров и фиксируется с помощью двух прижимов, не позволяющих сместиться образцу во время измерения. К образцу подводится измерительное устройство, представляющее металлическую планку, также имеющую два измерительных упора, на которой закреплен индикатор часового типа ИЧ 25 (цена деления 0,01 мм). С помощью индикатора измеряется величина прогиба образца пилы f относительно плоскости, проходящей через поверхности измерительных упоров. По величине прогиба и базы измерения определяется остаточный радиус кривизны:

$$\rho_{\text{ост}} = 0,5f + \frac{L^2}{8f}. \quad (3)$$

Оценка адекватности теоретического обоснования проведения операции деформирования проводилась путем сравнения теоретического значения остаточного радиуса кривизны, определенного по формулам (1) и (2), и экспериментального, измеренного на образцах пил.

Образцы для измерения радиуса кривизны подготавливались следующим образом: из полотна ленточной пилы после его деформирования вырезался центральный участок длиной 140–160 мм с целью упрощения операции измерения.

Всего было подготовлено шесть групп образцов по 15 шт. в каждой и деформировано путем прокатки на шкивах, диаметр которых

изменялся от группы к группе от 80 до 180 мм с шагом 20 мм.

Оценка погрешности измерений остаточного радиуса как с помощью шаблона, так и на устройстве показала (таблица), что с увеличением диаметра шкива увеличивается также и значение среднеквадратичного отклонения, но погрешность измерения не превышает 10% от измеряемой величины, что позволяет судить о возможности применения предлагаемой конструкции в качестве инструмента контроля. При этом среднеквадратичное отклонение результатов измерения на устройстве ниже, чем при помощи шаблона в среднем на 25–40%.

Оценка погрешности измерений остаточного радиуса кривизны образца

Диаметр шкива, мм	Остаточный радиус $\rho_{\text{ост}}$, мм				
	Теоретический	По шаблону		На установке	
		$\bar{\rho}_{\text{ост}}$	σ	$\bar{\rho}_{\text{ост}}$	σ
80	84	104,7	15,5	105	10,2
100	139,8	154,2	26,3	145,1	19,8
120	237,7	256,1	32,6	246,2	25,6
140	431,2	502,1	50,1	497,5	40,2
160	891,1	945,3	112,1	920,6	80,2
180	2426	2730	301,6	2682	200,1

Закключение. Повышение усталостной долговечности узких ленточных пил путем упругоупругого деформирования требует не только разработки математического обоснования и конструкции установки для ее проведения, но и средств инструментального контроля результатов ее проведения, что позволяет повысить качество и снизить трудозатраты на проведение подготовки ленточной пилы к работе. Предложенный в качестве средства контроля измерительный прибор позволяет повысить точность измерения остаточного радиуса кривизны полотна ленточной пилы после проведения операции упругоупругого деформирования.

Литература

1. Дулевич А. Ф., Киселев С. В. Влияние параметров упругоупругого деформирования на усталостную долговечность ленточных пил для распиловки древесины // Труды БГТУ. 2011. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 298–301.
2. Дулевич А. Ф., Киселев С. В. Разработка режимов упругоупругого деформирования ленточных пил для распиловки древесины с целью повышения их долговечности // Труды БГТУ. 2012. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 195–197.

Поступила 27.02.2014