

УДК 674.023

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

### РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ ДЛЯ РАСПИЛОВКИ ДРЕВЕСИНЫ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

В статье рассмотрен метод повышения усталостной долговечности ленточной пилы за счет создания искривленного состояния полотна и внутренних компенсирующих напряжений. Определены оптимальные режимы упрочнения, при которых обеспечивается максимальная усталостная долговечность пил для различных марок сталей. Представлена конструкция установки для проведения подготовки к работе ленточной пилы.

The method for increasing the fatigue life of the band saw through the creation of a curved blade and the internal state of inner compensation is regarded in the article. The stable regime when the maximum saw life lasting for various sorts of steel is determined as well. The design of the installation for the preparation of the work band saw.

**Введение.** Одной из наиболее острых проблем, возникающих при эксплуатации узких ленточных пил для распиловки бревен, является их недостаточная усталостная долговечность. Известно много возможных путей увеличения срока службы данного вида дереворежущего инструмента [1], но наиболее перспективным является создание компенсирующих напряжений в полотне пилы совместно с созданием его предварительно искривленного состояния с помощью упругопластического деформирования.

**Основная часть.** Сущность метода упругопластического деформирования заключается в том, что новую пилу до установки на станок обкатывают на шкиве малого диаметра. При этом в пиле, на участке где она обхватывает шкив, возникают напряжения изгиба, превышающие предел текучести материала пилы. После обкатки пила приобретает искривленное состояние с остаточным радиусом кривизны  $\rho_{ост}$ , а в поверхностных слоях возникают внутренние остаточные напряжения сжатия. При установке пилы на шкивы ленточнопильного станка напряжения от изгиба в полотне уменьшаются за счет того, что пила изгибается уже из искривленного состояния и за счет компенсации остаточными напряжениями.

Величину остаточных напряжений  $\sigma_{ост}$  в поверхностных слоях пилы можно определить по формуле [2]

$$\sigma_{ост} = \sigma_T - \frac{6 \left( \sigma_T \frac{s^2}{4} - \frac{\sigma_T^3}{3E^2} (R_T + 0,5s)^2 \right)}{s^2}, \quad (1)$$

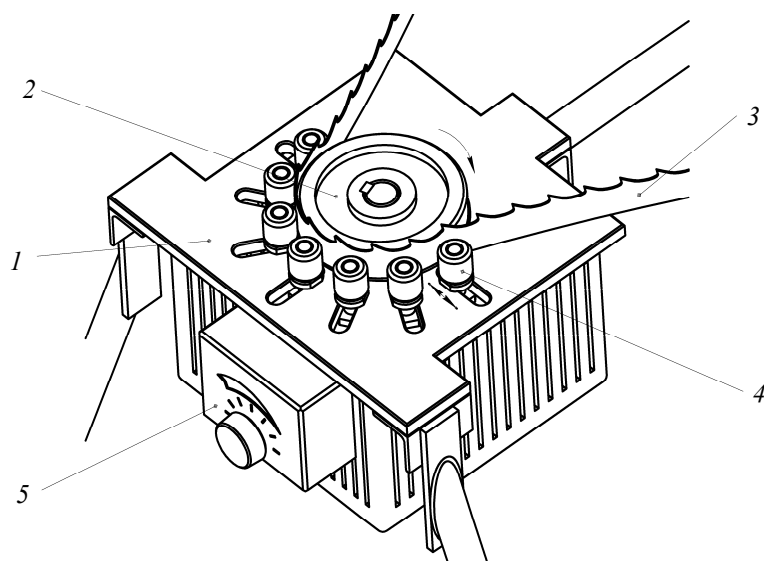
где  $\sigma_T$  – предел текучести материала пилы, МПа;  $s$  – толщина пилы, мм;  $E$  – модуль упругости материала пилы, МПа;  $R_T$  – радиус шкива, на котором проводится деформирование.

Остаточный радиус кривизны полотна  $\rho_{ост}$  определяется по зависимости

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

Для определения режимов проведения операции деформирования необходимо знать механические свойства материалов, из которых изготовлены пилы. Исследования [1] показали что стали ленточных пил можно разделить на три группы. Группа I – углеродистые, аналогом которых являются сталь 70А и сталь 75А, группа II – легированные никелем, аналог сталь 75Н2А, группа III – легированные с содержанием углерода 0,45%, аналог сталь 45ХГНМФА. Для каждой группы были определены основные прочностные характеристики – модуль упругости, предел текучести и предел прочности, твердость.

Для проведения операции упругопластического деформирования была разработана конструкция и изготовлена установка (рисунок). Она представляет собой основание 1, на котором размещены приводной шкив 2, по нему обкатывается ленточная пила 3 и прижимные ролики 4, имеющие возможность радиального перемещения относительно оси вращения шкива. Количество прижимных роликов и их расположение обеспечивают полный контакт полотна пилы со шкивом с углом охвата не менее 180°. Остальная часть пилы поддерживается на опорах. Привод шкива и механизм перемещения прижимных роликов находятся под основанием.



Установка для проведения упругопластического деформирования ленточной пилы:

1 – основание; 2 – шкив; 3 – ленточная пила;  
4 – прижимной ролик; 5 – регулятор скорости

Для определения эффективности проведения операции упругопластического деформирования, а также для определения рациональных режимов данной операции были проведены исследования [3]. Основными параметрами проведения операции упрочнения являются скорость деформирования, радиус шкива, на котором проводится обкатка, и связанные с ним величина остаточных напряжений и остаточный радиус кривизны  $\rho_{ост}$ .

Так как обкатка пилы ведется в области пластических деформаций, то наиболее оптимальным режимом будет являться случай, при котором пила будет деформироваться только один раз. Это объясняется тем, что при обкатке большим количеством раз в полотне пилы будут накапливаться повреждения, что негативно скажется на усталостной долговечности пилы.

Результаты исследований показали, что минимальное время для установления заданного значения остаточного радиуса кривизны составляет 8–9 с. При этом значение остаточного радиуса кривизны достигает расчетного и не изменяется.

Оценка эффективности применения операции упрочнения была определена путем проведения усталостных испытаний образцов пил согласно рекомендациям ГОСТ 25.502–79 «Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость». Испытания проводились на экспериментальной установке, описанной в работе [4].

Испытания образцов проводились для различных уровней величины остаточных напряжений в образцах ленточной пилы. Определялось количество циклов нагружения изгибаю-

щей силы до разрушения образцов. Анализ результатов показал, что усталостная долговечность растет по мере увеличения остаточных напряжений в поверхностных слоях ленточной пилы. Однако, достигнув значения 150–200 МПа, долговечность практически не изменяется и при дальнейшем росте величины остаточных напряжений она уменьшается.

Это связано с тем, что повреждения, возникшие в полотне ленточной пилы в процессе упругопластического деформирования на режимах, обеспечивающих большие значения остаточных напряжений (более 200 МПа), уменьшают влияние снижения напряжений от изгиба на шкивах.

Таким образом, наибольший эффект повышения усталостной долговечности будет наблюдаться в том случае, когда величина остаточных напряжений в поверхностных слоях ленточной пилы будет находиться в пределах 150–170 МПа. В этом случае наблюдается увеличение предела выносливости материала на 19–23%.

На основании полученных результатов исследований были определены режимы деформирования полотна ленточной пилы, обеспечивающие ее максимальную усталостную долговечность. К таким параметрам относятся максимальная скорость деформирования и диаметр шкива. Их значения для различных групп сталей и толщин пилы приведены в таблице.

Для оценки эффективности мероприятий по повышению усталостной долговечности ленточных пил в условиях деревообрабатывающих предприятий были проведены производственные испытания ленточных пил, прошедших операцию упругопластического деформирования.

**Диаметр шкива, на котором проводится деформирование ленточной пилы, обеспечивающей ее максимальную долговечность**

Марка стали	Толщина полотна пилы					
	0,9 мм		1,0 мм		1,1 мм	
	Диаметр шкива, мм	Скорость деформирования, не более, см/с	Диаметр шкива, мм	Скорость деформирования, не более, см/с	Диаметр шкива, мм	Скорость деформирования, не более, см/с
Группа I	96	1,51	106	1,66	116	1,82
Группа II	92	1,44	102	1,6	110	1,72
Группа III	88	1,38	98	1,54	108	1,7

Исследование проводилось в условиях лесопильных цехов ЗАО «Молодечномебель» и ОАО «Поставымебель».

На данных предприятиях установлены горизонтальные ленточнопильные станки, с помощью которых производится распиловка бревен на необрезные и обрезные доски. Преобладающими являются твердолиственные породы.

Анализ эксплуатации ленточных пил показал, что значительная часть пил выходит из строя по причине зарождения и развития усталостных трещин (до 58%) и лишь 34% по причине уменьшения ширины пилы до минимального значения. Среднее значение объема распиливаемого сырья одной пилой составил 18–20 м<sup>3</sup>.

Партия пил, соответствующая месячному потреблению, проходила операцию деформирования в соответствии с режимами, приведенными в таблице. Дальнейшая подготовка к работе и эксплуатация проводились аналогично пилам, не проходившим операцию упрочнения.

Результаты испытаний показали, что аварийный выход ленточных пил по причине разрыва снизился до 38%. При этом точность пиления оставалась на уровне пил, не прошедших операцию упрочнения. Среднее значение объема распиливаемого сырья одной пилой составил 25–27 м<sup>3</sup>.

**Заключение.** Операция упругопластического деформирования ленточной пилы в силу своей эффективности и простоты проведения является перспективным направлением повы-

шения усталостной долговечности ленточных пил для распиловки древесины. Эффективность проведения данной операции по подготовке к работе была подтверждена лабораторными и производственными испытаниями. При соблюдении рациональных режимов подготовки можно повысить усталостную долговечность полотна ленточной пилы на 20–23%.

#### Литература

1. Дулевич, А. Ф. Пути повышения долговечности ленточных пил для распиловки древесины А. Ф. Дулевич, С. В. Киселев // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 316–320.
2. Дулевич, А. Ф. Способ повышения усталостной долговечности ленточных пил путем создания внутренних компенсирующих напряжений / А. Ф. Дулевич, С. С. Макаревич, С. В. Киселев // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2009. – Вып. XVII. – С. 334–336.
3. Дулевич, А. Ф. Влияние параметров упругопластического деформирования на усталостную долговечность ленточных пил для распиловки древесины / А. Ф. Дулевич, С. В. Киселев // Труды БГТУ. – 2011. – № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. – С. 322–324.
4. Дулевич, А. Ф. Установка для ускоренных испытаний ленточных пил / А. Ф. Дулевич, С. В. Киселев // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 318–322.

*Поступила 19.03.2012*