

УДК 621.185.532

А. В. Блохин, ассистент (БГТУ);
С. В. Киселев, преподаватель (БГТУ)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА УСТАЛОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ ДЛЯ РАСПИЛОВКИ ДРЕВЕСИНЫ

В статье рассмотрены влияние метода упрочнения на усталостные характеристики материалов ленточных пил, условия и режимы проведения усталостных испытаний. Определены основные статистические величины. Приведены кривые 50%-ной вероятности разрушения образцов для режимов упрочнения, обеспечивающих максимальную усталостную долговечность. Показано, что для образцов, прошедших обработку, характерно уменьшение разброса долговечности для заданного уровня напряжений.

The article analyzes the impact of hardening method on the fatigue characteristics of band saw materials. It dwells on the conditions and modes of carrying out fatigue tests. Main statistical data are given. The paper also reveals 50% probability curve of sample breakage for hardening modes which ensure maximum fatigue life. It has been proved that treated samples reveal decreased fatigue life scattering for this tension level.

Введение. Ленточные пилы нашли широкое применение в деревообрабатывающей промышленности. Распространенной причиной выхода из строя таких пил является зарождение и развитие усталостных трещин в полотне ленточной пилы, что может привести к обрыву полотна даже в правильно отрегулированном станке при нормальных режимах эксплуатации. Остановки технологического оборудования, происходящие по этой причине, приводят к снижению производительности и в конечном счете к материальным потерям. Появление усталостных трещин в полотне ленточной пилы происходит по причине значительных амплитудных напряжений изгиба пригибании пилой шкивов станка.

Исследованиями было показано, что одним из перспективных путей повышения долговечности ленточных пил является создание предварительного искривленного состояния и создание внутренних компенсирующих напряжений [1].

Сущность данного метода заключается в том, что ленточная пила предварительно обкатывается на шкивах малого диаметра (рис. 1). Диаметр шкивов рассчитывается таким образом, что напряжения от изгиба на шкивах превышают предел текучести во внешних слоях и в них образуются остаточные напряжения сжатия. После обкатки пила принимает определенный радиус кривизны, и при установке на станок остаточные напряжения сжатия во внешних слоях пилы вычитаются из напряжений изгиба на шкивах, таким образом, уменьшая амплитудные значения напряжений и тем самым повышая долговечность пилы [2].

Достоинства данного метода заключаются в следующем: подготовка производится только один раз перед первой установкой пилы на станок и не требует повторения после каждой переточки; компенсирующие напряжения возникают по всей ширине полотна ленточной пилы и изменяются незначительно при ее переточке; не тре-

буется дорогого оборудования и больших затрат энергии для проведения данной операции. Изготовление приспособления возможно силами самого деревообрабатывающего предприятия.

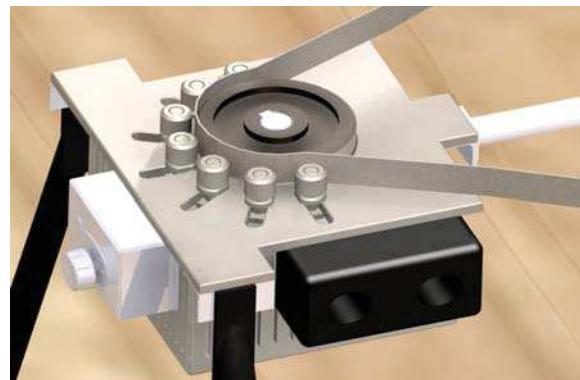


Рис. 1. Приспособление для проведения упругопластического деформирования ленточной пилы на одном шкиве с прижимными роликами

Целью данной работы является исследование в статистическом аспекте влияния остаточных напряжений на усталостные характеристики полотен ленточных пил, изготовленных из распространенных сталей.

Основная часть. В настоящее время на рынке Республики Беларусь представлены узкие ленточные пилы для распиловки древесины следующих производителей: Banso (Германия), Simonds (США), WoodMizer (США), Pilana (Чехия), Uddeholm (Швеция), Fenes (Польша), Armoth (Польша), ГМЗ «Гедумекс» (Российская Федерация), Krupp (Германия). При этом стали, применяемые для изготовления ленточных пил, условно можно подразделить на три группы: углеродистые с содержанием углерода 0,70–0,75% (Pilana, Гедумекс, Forezzien Simonds, Banso), с содержанием углерода – 0,45% (WoodMizer, Bahco Bisov), сталь, легированная никелем с содержанием углерода 0,75% (Uddeholm).

Химический состав и механические характеристики сталей исследованных ленточных пил даны в табл. 1, а основные геометрические параметры образцов для проведения испытаний показаны на рис. 2.

Таблица 1

Химический состав и механические характеристики исследуемых ленточных пил

Маркировка стали	Твердость HRC	Модуль упругости E , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Предел прочности σ_b , МПа
45ХНМ	45–47	210 000	1380	1 420
Сталь 70А	42–43	206 000	835	1 030
Сталь 75А	42–43	191 000	895	1 080
Сталь 75Н2А	45–47	208 000	1475	1 520

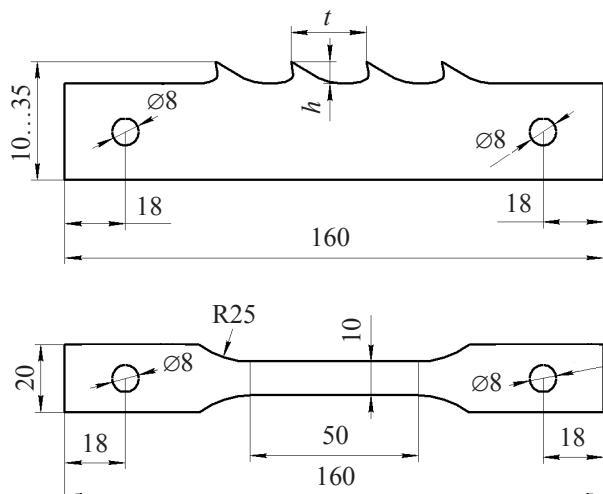


Рис. 2. Образцы:

- а – натурный образец ленточной пилы;
б – стандартный образец тип IV

Степень предварительного упругопластического деформирования выбиралась такой, чтобы достичь уровня остаточных напряжений порядка 150 МПа (рис. 3).

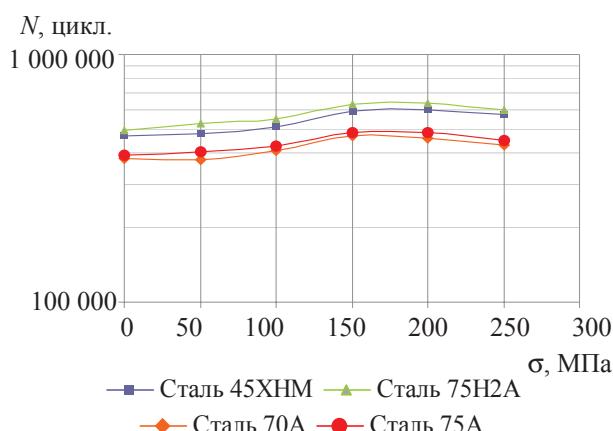


Рис. 3. Влияние величины остаточных напряжений на усталостную долговечность образцов ленточных пил для различных сталей при уровне напряжений испытаний 850 МПа

Для проведения испытаний и оценки влияния остаточных напряжений на усталостные характеристики полотен ленточных пил при различных параметрах проведения упругопластического деформирования применялась экспериментальная установка, представленная на рис. 4.

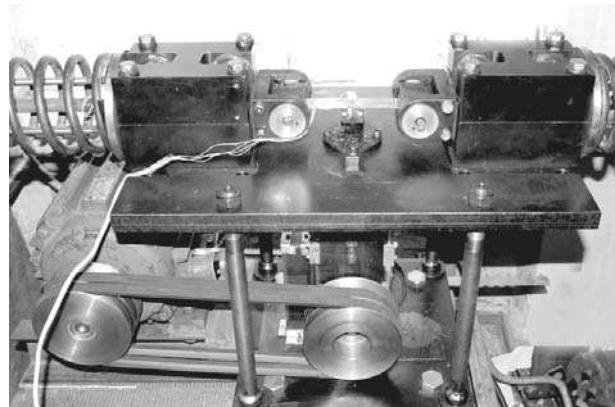


Рис. 4. Экспериментальная установка для проведения усталостных испытаний образцов ленточных пил

Данная установка воспроизводит основные виды нагружения на полотно пилы, возникающие во время работы, – статическое натяжение и циклический изгиб [3].

Для оценки средних значений и среднеквадратических отклонений логарифма долговечности, построения кривых распределения долговечности и семейства кривых усталости по параметру вероятности разрушения результаты испытаний подвергались статистической обработке по методике, изложенной в ГОСТ 25.502–79, а необходимые для статистического анализа справочные данные принимались по справочнику [4].

Сравнивая статистические характеристики (табл. 2), можно говорить об уменьшении размаха логарифма долговечности, об уменьшении среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации на одинаковых амплитудах нагрузления.

Анализируя графики, представленные на рис. 4 и 5, можно отметить, что кривые усталости равной вероятности, полученные при испытании образцов с предварительным упругопластическим деформированием, располагаются более плотно по сравнению с кривыми, полученными на основании результатов испытаний образцов, которые не подвергались такой обработке, а также смешены в область большей долговечности по сравнению с аналогичными кривыми, полученными при испытании образцов без предварительного упругопластического деформирования.

Таблица 2

**Статистические характеристики вариационных рядов
для образцов ленточных пил, изготовленных из сталей 75Н2А и 45ХМ**

Обозначение параметра	Без предварительного упругопластического деформирования				С предварительным упругопластическим деформированием			
	850 МПа		750 МПа		850 МПа		750 МПа	
	75Н2А	45ХМ	75Н2А	45ХМ	75Н2А	45ХМ	75Н2А	45ХМ
$\bar{\lg N}$	3,44	4,07	4,02	5,1	5,72	5,9	6,73	7,0
R	1,17	1,22	1,49	1,52	0,59	0,61	0,77	0,79
$S_{\lg N}$	0,321	0,37	0,422	0,46	0,186	0,2	0,250	0,27
$V_{\lg N}$	0,051	0,054	0,059	0,062	0,029	0,32	0,035	0,039
Доверительные интервалы	$\bar{\lg N}_{\min}$	3,21	4,01	3,87	4,92	5,58	5,74	6,67
	$\bar{\lg N}_{\max}$	3,55	4,13	4,32	5,18	5,81	6,02	6,80
	$S^2_{\lg N \min}$	0,06	0,063	0,10	0,11	0,02	0,022	0,04
	$S^2_{\lg N \max}$	0,25	0,027	0,43	0,45	0,08	0,09	0,15
Число образцов n_{\min}	6	6	8	9	5	6	7	6

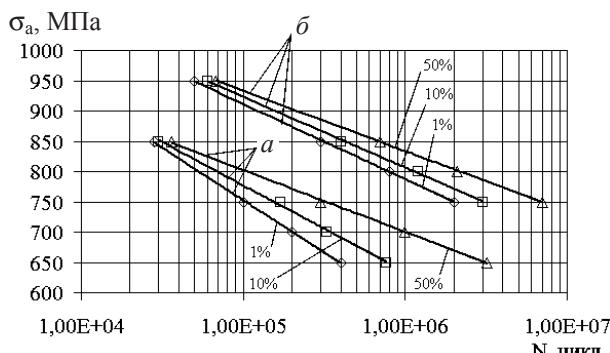


Рис. 5. Кривые усталости образцов из стали 75Н2А по параметру вероятности разрушения:
а – без деформирования;
б – с предварительным деформированием

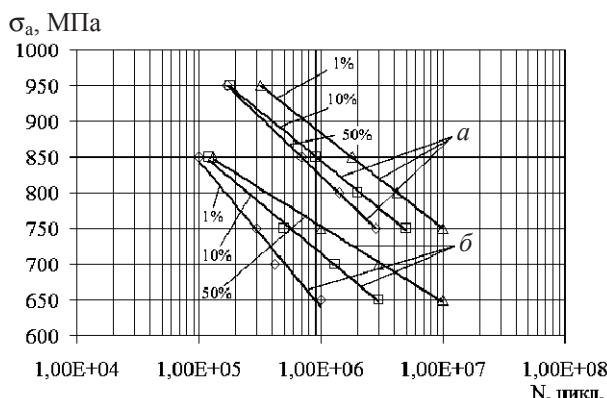


Рис. 6. Кривые усталости образцов из стали 75Н2А по параметру вероятности разрушения:
а – без деформирования;
б – с предварительным деформированием

Аналогичные результаты были получены и для других материалов, приведенных в табл. 1.

Выводы. Операция упругопластического деформирования ленточной пилы в силу своей эффективности и простоты проведения является перспективным направлением повышения усталостной долговечности ленточных пил для распиловки древесины.

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. 331–334.

3. 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.

4. Степнов, М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: справочник / М. Н. Степнов, А. В. Шаврин. – М.: Машиностроение, 2005. – 400 с.

Поступила 14.04.2011