

расчетах значения N количество этих параметров не учитывается в связи с крайне низкой частотой их возможного обновления.

Литература

1. Федотов, А. В. Использование методов теории автоматического управления при разработке мехатронных систем / А. В. Федотов. — Омск: Из-во ОмГТУ, 2007. — 385 с.
2. Gulay, A. Environmental monitoring with the use of vita «subjective touch system» / A. Gulay, V. Gulay // Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. 3rd edition. Vol. 1. Natural sciences. Technical sciences. — San Francisco: B&M Publishing, 2014. — P. 41-47.
3. Колешко, В. М. Термодинамическая модель функционирования интеллектуальной сенсорной системы / В. М. Колешко, А. В. Гулай, В. А. Гулай // Наука и техника. — 2012. — № 1. — С. 40-47.
4. Колешко, В. М. Синтез сенсорных и интеллектуальных технологий в научном познании / В. М. Колешко, А. В. Гулай, В. А. Гулай // Высшая школа. — 2011. — №2. — С. 53-57.
5. Гулай, А. В. Экспертная логико-вероятностная модель интеллектуальной системы управления / А. В. Гулай, В. М. Зайцев // Наука и техника. — 2014. — № 1. — С. 30-37.
6. Харин, Ю. С. Математические и компьютерные основы криптологии / Ю. С. Харин, В. И. Берник, Г. В. Матвеев, С. В. Агиевич — Минск: Новое знание, 2003. — 382 с.
7. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель — М.: Наука, 1969. — 576 с.
8. Кларк, Д. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи / Д. Кларк, Д. Клейн. — М.: Радио и связь, 1987. — 392 с.
9. Мартин, Д. Организация баз данных / Д. Мартин. — М.: Мир, 1980. — 662 с.

УДК 674. 023

Дечко Э.М. 1, Густяков П.В., Сизов С.В., Маркевич Ю.Р.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ЛЕНТОЧНОМ ПИЛЕНИИ

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

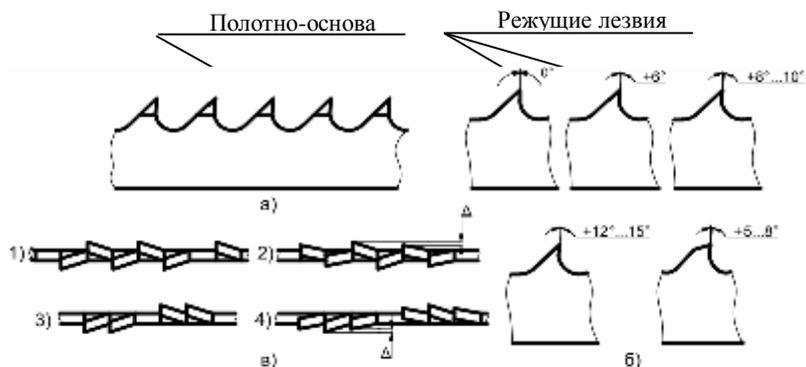
ООО «ВИ_МЕНС», Минск, Республика Беларусь

Ленточные пилы в процессе резания испытывают различные деформации и температуры. Результаты исследований могут быть использованы для снижения себестоимости и увеличения производительности при ленточном пилении.

Ленточные пилы биметаллические, твердосплавные, из высокоуглеродистых сталей, алмазные, фирм WIKUS, AMADA, LENOX, ВАНСО и др., применяемые в различных отраслях промышленности, отличаются конструктивными и геометрическими параметрами и областью применения [1,2,3].

Биметаллические пилы состоят из полотна-основы упругой рессорно-пружинной стали (аналог – 45ХГНМФА) и зубьев с режущими лезвиями из быстрорежущей стали (10P2M10K8 или 12P10M4K10; HRC = 67...70), рис.1, а). [2,3].

Область применения ленточных пил данного типа определяет, соответственно, формы зубьев; величины переднего угла – $\gamma = 0...+15^{\circ}$; вид разводки; форму стружечных канавок, рис. 1, б). Отклонения зуба при разводке для различных типов пил составляет $\Delta = 0,3 \dots 0,5$ мм, рис. 1, в).



а) биметаллическое ленточное полотно; б) типы передних углов;
в) типы разводок зубьев 1,3 - стандартная, 2 - групповая, 4 - волна

Рисунок 1 – Конструктивные элементы биметаллической ленточной пилы

Обработку биметаллическими ленточными пилами возможно рассматривать, как свободное резание, где каждый зуб имеет одну главную режущую кромку с минимальным углом λ . Величины переднего угла и тип разводки влияют на условия работы зубьев ленточного полотна. Режущие лезвия $h_1-h_2-h_3$ разведенных зубьев в процессе резания подвергаются переменным нагрузкам. Зуб, разведенный вправо, режет частью режущей кромки шириной BC , разведенный влево – AB , прямой зуб режет шириной h_1 , рис. 2

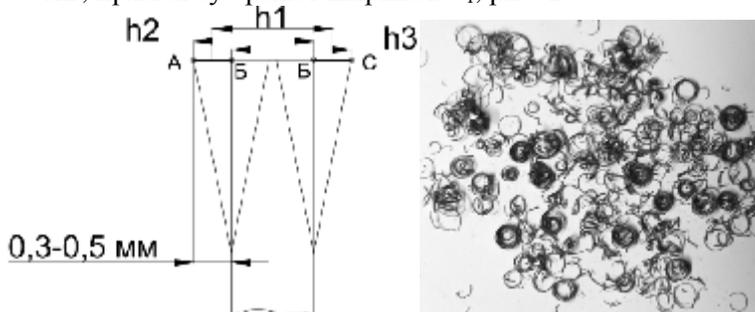
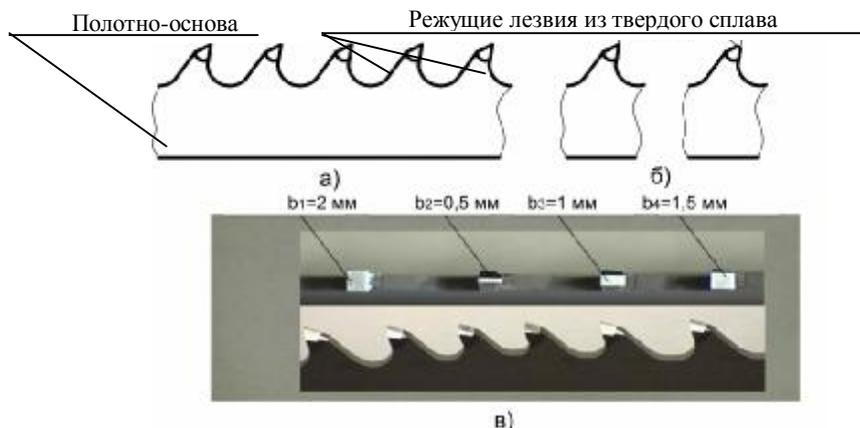


Рисунок 2 – Участки режущих лезвий h_1, h_2, h_3 и стружка

Форма стружки, на оптимальных режимах резания имеет спиралеобразный вид из 2-3 витков серебристого цвета.

Твердосплавная ленточная пила состоит из полотна-основы и зубьев с приваренными твердосплавными элементами, заточенными по групповой схеме резания, рис. 3. Твердость режущих кромок пил 1600 – 1700HV, а при использовании износостойких покрытий – 3800HV.



а) твердосплавная ленточная пила; б) типы передних углов;
в) типовая схема заточки зубьев

Рисунок 3 – Конструктивные элементы твердосплавной ленточной пилы

Практически все твердосплавные ленточные пилы изготавливают с групповой схемой резания. Зубья затачиваются по боковым поверхностям, образуя главное и два вспомогательных режущих лезвия. Как правило, группа состоит из четырех зубьев, имеющих ширину режущих лезвий от b_1 до b_4 , рис. 3, в.

Общая ширина пропила обеспечивается за счет уширения режущего лезвия последующего зуба в группе по отношению к предыдущему. Последний зуб группы срезает минимальный слой материала шириной 0,1–0,3 мм.

Процесс резания ленточной пилой сопровождается суммой напряжений различного рода, действующих по всей ее длине [5]. Процессу резания ленточными пилами сопутствует сложный комплекс деформационных процессов полотна, обусловленных кинематикой станков.

Полотно пилы и ее зубья в процессе резания испытывают различные напряжения: растягивающие; изгибные на шкивах; крутильные при позиционировании зубьев в зоне резания и при выходе из направляющих; напряжения от сил резания и центробежных сил. Все виды нагрузок совместно с температурными воздействиями определяют в конечном итоге износостойкость ленточных пил.

Для оценки напряженного состояния полотна пилы рассматриваются его зоны с характерными видами нагружений, рис. 4. [4,5].

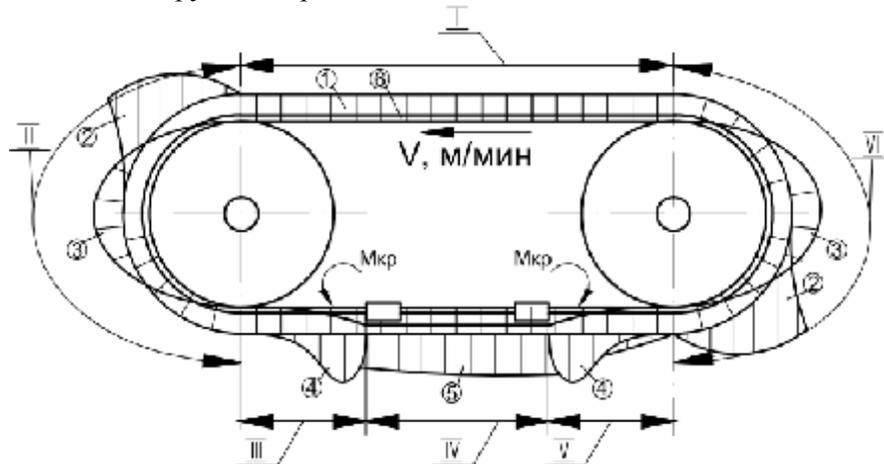


Рисунок 4 – Виды напряжений полотна пилы при резании:

1 – растягивающие; 2 – от тягового усилия; 3 – изгибные; 4 – крутильные;

5 – от сил резания; 6 – от центробежных сил

Сумма нормальных напряжений по всей длине пилы определяется по формуле [2,3]:

$$\sum \sigma = \sigma_H + \sigma_{II} + \sigma_{II} + \sigma_P + \sigma_T + \sigma_{II}$$

где σ_H – напряжения от сил предварительного натяжения; σ_{II} – напряжения от изгиба на шкивах; σ_{II} – напряжения от центробежных сил; σ_P – напряжения от сил резания; σ_T – напряжения от температурного влияния; σ_{II} – прочие напряжения.

Расчетные формулы для определения напряжений, действующих на ленточное полотно в процессе работы, имеют вид: $\sigma_H = \frac{F_H}{S}$; $\sigma_{II} = \frac{\delta \cdot E}{d}$; $\sigma_{II} = 0,01 \cdot v^2 \cdot \frac{\gamma}{q}$; $\sigma_P = \frac{P_K \cdot z}{S}$;

$$\sigma_T = E \cdot \alpha_T \cdot (t_n + t_c); \tau_K = \frac{M_{KP}}{W_K}.$$

где F_H – сила натяжения ленты; S – площадь поперечного сечения ленты; δ – толщина ленточного полотна; E – модуль продольной упругости материала ленточного полотна; d – диаметры шкивов; v – скорость резания; γ – плотность полотна-основы; q – ускорение свободного падения; P_K – касательная составляющая силы резания; z – количество зубьев в резе; S – площадь поперечного сечения ленты; E – модуль продольной упругости материала

ленточного полотна; a_T – коэффициент линейного расширения полотна-основы; t_n – температура пилы; t_c – температура окружающей среды; M_{KP} – крутящий момент; W_K – момент сопротивления.

Растягивающие напряжения от сил предварительного натяжения $\sigma_H = 150 \text{ К} 250 \text{ МПа}$ действуют во всех сечениях ленточного полотна и зависят от их параметров.

Изгибные напряжения σ_{II} , зоны II и VI, наблюдаются при обкатывании полотна пилы по шкивам станка, где оно изгибается по дуге, равной радиусу шкива. Расчетное значение $\sigma_{II} = 250 \text{ К} 500 \text{ МПа}$.

Напряжения от центробежных сил $\sigma_{Ц} = 5 \text{ К} 10 \text{ МПа}$ действуют во всех сечениях ленточного полотна.

Крутильные напряжения возникают в зонах III и V. Выкручивание ленты происходит дважды перед и после зоны резания. Выкручивание ленты необходимо для переориентации пилы из горизонтальной в вертикальную плоскость. Расчетное значение напряжений составляют 300-500 МПа.

Напряжения от сил резания σ_P возникают в зонах III, IV и V. Расчетное значение напряжений от сил резания составляет 120-200 МПа.

Напряжения от температурного влияния σ_T действуют во всех сечениях ленточного полотна: при обкатывании по шкивам, при прохождении через блоки направляющих, в зоне резания. Расчетное значение напряжений от температурного влияния составляет 30-80 МПа.

Прочие напряжения σ_{II} связаны с неправильной регулировкой шкивов, блоков направляющих и другими неисправностями станка, при которых происходит негативное воздействие на полотно и снижают усталостную прочность ленточной пилы.

На напряженное состояние пил влияет также изменение температур не только в зоне резания, но и при контакте пилы с отдельными узлами станка, что требует специальных исследований.

Для исследования изменения температур на отдельных участках ленточного полотна в процессе пиления была принята схема, учитывающая зоны контакта пилы с заготовкой в процессе резания, контакты пилы со шкивами до и после пиления, зоны между шкивами и направляющими до и после пиления, зона продвижения пилы над шкивами, рис. 5.

Условия экспериментов: биметаллическая ленточная пила WIKUS M42 27x0,9x – 5/8 тpi. Заготовка $d = 90$ мм; Ст. 45. Ленточнопильный станок двухколонного исполнения MEBA 260 GP.

Режимы резания приняты согласно рекомендациям производителя биметаллической ленточной пилы WIKUS M42: скорость резания $V=50$ м/мин; $S=20$ мм/мин [1]. Охлаждение – микроспрей марки OEST MEBA SP 36 E.

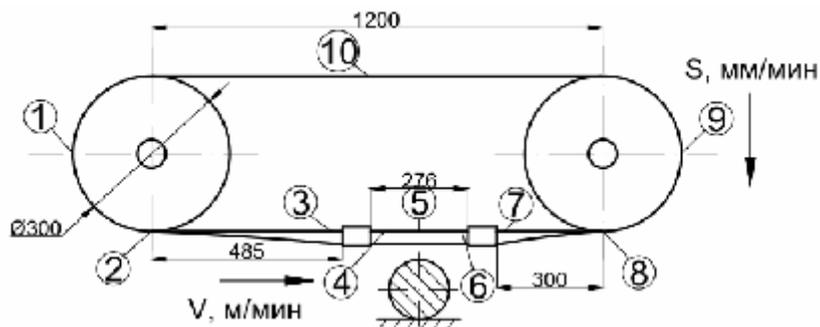


Рисунок 5 – Схема определения температур при пилении

Температуры измерялись пирометром «Нимбус – 420». Замеры температур производились при выключенном станке, при работе на холостом ходу и в процессе резания.

При выключенном станке значение температур для различных зон (1...10, рис.5) составила $+20 \pm 2^{\circ}\text{C}$. На холостом ходу произошел общий нагрев ленточного полотна на $2...3^{\circ}\text{C}$ вследствие трения о подвижные и неподвижные элементы станка: шкивы, ролики, боковые и

верхние твердосплавные направляющие, а также за счет возникающих внутренних напряжений полотна основы. При пилении заготовки изменение температур в рассматриваемых зонах представлены на рис. 6.

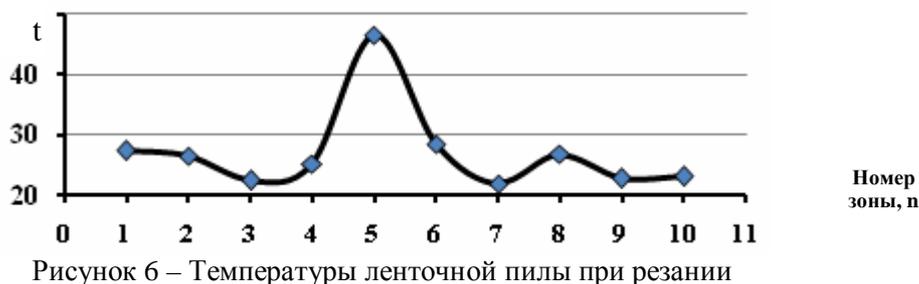


Рисунок 6 – Температуры ленточной пилы при резании

В начале процесса резания, выделившееся тепло передается заготовке, ленточному полотну и окружающей среде, лента в зоне 5 нагревается до $46,5^{\circ}\text{C}$. При выходе из зоны резания температура пилы снижается. После прохождения зоны 7 полотно пилы имеет температуру около 23°C , как в зоне 3. В зоне 8 при заходе полотна на шкив - около 23°C , частичное повышение температуры полотна до 25°C . Понижение температуры до 23°C в зонах 9 и 10 связано с отдачей части тепла шкиву и окружающей среде.

Уровень температур в каждой из зон увеличивается по мере углубления пилы в заготовку и с увеличением количества резов. Максимальные температуры наблюдались при нахождении в зоне резания от 17 до 28 зубьев пилы.

В результате сложных деформационных и тепловых нагрузок наблюдаются различные причины выхода пилы из строя: износ и разрушение зубьев пилы, износ или смятие спинки пилы, разрыв полотна, трещины в межзубных канавках, трещины между полотном основы и материалом режущей части и др., рис.7.



а) по шву; б) в межзубной впадине; в) на основе

Рисунок 7 – Виды трещин ленточных пил

Таким образом, результаты исследований могут быть использованы для повышения эффективности технологий ленточного пиления, которые нашли применение на предприятиях Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленточные пилы, ленточноотрезные станки, оборудование для металлоконструкций [Электронный ресурс]. – Минск, 2005. – Режим доступа: <http://www.vimens.ru>. - Дата доступа: 10.12.2012.
2. Дечко Э.М., Якимович А.М. и др. Некоторые особенности процессов ленточного пиления. Тезисы докладов международной научно-технической конференции. (Минск, 10-11.04.13 «Металлообработка-2013»).
3. Основы ленточного пиления и станки: учебно-методическое пособие для лабораторных работ/ Ю.Р. Маркевич [и др.] ; под ред. Э.М. Дечко, Ю.Р. Маркевича. – Минск: БНТУ, 2014. – 80 с.
4. Кондратюк А.А., Шилько В.К. Оценка напряженного состояния ленточных пил // Известия Томского политехнического университета. - 2004. - Т. 307. - № 2.
5. Феоктистов А.Е. Ленточнопильные станки. –М.: Лесная промышленность, 1976.–152 с.