

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛА ЛЕНТОЧНЫМИ ПИЛАМИ

Рублевская Е.В.<sup>1</sup>, Щербакова А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Рублевская Екатерина Валерьевна – магистрант,  
направление: конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств,  
кафедра технологии машиностроения;

<sup>2</sup>Щербакова Анастасия Вячеславовна – магистрант,  
направление: стандартизация и метрология,  
кафедра управления качеством и сертификации,

Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева,  
г. Красноярск

**Аннотация:** в данной статье рассмотрены биметаллические ленточные пилы с режущей кромкой, изготовленной из двух различных марок стали, приведены их основные свойства и преимущества. Разработана математическая модель зависимости мощности резания от числа зубьев с целью повышения эффективности резания металла биметаллическими ленточными пилами.

**Ключевые слова:** ленточные пилы, скорость резания, мощность резания, зубья, режущая кромка.

Для резки металлических заготовок используют два вида оборудования: циркулярную или ленточную пилу. Ленточнопильная резка металла отличается ювелирным подходом к процессу, пила позволяет проводить тончайшую обработку без трещин и сколов.

Ленточные пилы по металлу – это ленточнопильный станок, оснащенный в качестве режущего инструмента ленточнопильным полотном, сваренным в бесконечную петлю. Ленточнопильные станки относятся к оборудованию высокой мощности, средняя скорость такого оборудования составляет 100 мм/мин. В ленточном пилении скорость резания есть скорость движения (вращения) ленточного полотна (м/мин).

Одно из важнейших требований к изготовлению биметаллических ленточных пил – это качество материала полотна и зубьев. При подборе шага зубьев необходимо соблюдать условие одновременного нахождения в пропиле не менее трех зубьев пилы. Практически обосновано, что биметаллические ленточные пилы по металлу имеют больший срок службы и высокое качество резки, то есть превышают по стойкости и качеству пиления аналоги из углеродистых сталей [1]. Пилы устойчивы к ударным нагрузкам, имеют сниженный уровень вибрации и шума при пилении, обеспечивают высокую точность, производительность при резке различных заготовок [2]. Эти пилы позволяют получать высокое качество распила и оптимизировать процесс заготовительного производства для авиационной и космической техники.

В зависимости от марки и состава быстрорежущей стали биметаллические пилы практически всех производителей делятся на 2 основных типа – с высокоскоростной режущей кромкой, изготовленной из стали М42 или М51 [3].

Для достижения оптимальных условий при работе с определенными группами материалов и формой заготовок необходимо точно подбирать параметры полотна пилы: шаг, форму и разводку зуба, а также режимы работы ленточнопильного станка – скорость и подачу ленточной пилы. Скорость резания зависит от твердости, типа и поперечного сечения заготовки. Чем выше прочность материала заготовки, тем более низкую скорость резания необходимо выбирать. Большая скорость характерна для заготовок с меньшей площадью поперечного сечения. В таблице 1 представлена зависимость скорости резания от марки стали для пил с режущей кромкой М42.

Таблица 1. Зависимость скорости резания от марки стали [4]

Марка стали	Скорость резания, м/мин
Конструкционная	80-90
Упрочняемая	45-75
Нелегированная инструментальная/подшипниковая	40-60
Легированная инструментальная/быстрорежущая	30-40
Нержавеющая	20-35
Жаропрочная	15-25

Биметаллические ленточные пилы М42 отличаются высокой износостойкостью режущих кромок зубьев полотна пилы. Это обусловлено размером частиц карбидов и их равномерным распределением. Твердость режущих кромок зубьев 67,5-68,5 HRC. Данный материал применяется для резки конструкционных углеродистых, инструментальных, легированных, нержавеющей, жаропрочных сталей твердостью 40-45 HRC.

Для ленточных пил М51 характерно высокое содержание вольфрама, что способствует увеличению количества карбидов, а, следовательно, повышается и сопротивление абразивному износу. Высокое содержание кобальта увеличивает износостойкость режущей кромки. Это позволяет применять данный инструмент для резки высокопрочных, нержавеющей, жаропрочных сталей, в том числе и резки сплошных и толстостенных конструкций, а также труднообрабатываемых материалов твердостью до 45 HRC. Твердость режущей кромки 69 HRC [5]. Стойкость такого ленточного полотна, как правило, на 10-20% выше, чем у пил с материалом режущей кромки М42.

Биметаллические пилы М42 и М51 устойчивы к ударным нагрузкам, а шум при пилении с их применением гораздо ниже, чем при применении других пил. Надежное электронно-лучевое сварное соединение основания пилы с режущими зубьями, позволяет использовать эти пилы в самых тяжелых условиях производства. Переменное количество зубьев на единицу длины полотна позволяет значительно снизить вибрацию при пилении заготовок больших сечений [6].

Известно, что мощность резания металла ленточным полотном возможно анализировать по функции [7]:

$$P_c = \frac{P_{Cz} \cdot V_c \cdot Z}{6 \cdot 10^4}, \quad (1)$$

где  $f_{Cz}$  – коэффициент, зависящий от подачи на зуб, удельной силы резания и обрабатываемого материала;  $V_c$  – скорость резания;  $z$  – число зубьев на дюйм.

В ходе исследования зависимости мощности резания от числа зубьев была получена математическая модель для высокоскоростного распила металла:

$$P = 0,8026e^{0,0663z}. \quad (2)$$

Результаты расчетов с экспоненциальной функцией представлены на рис. 1.

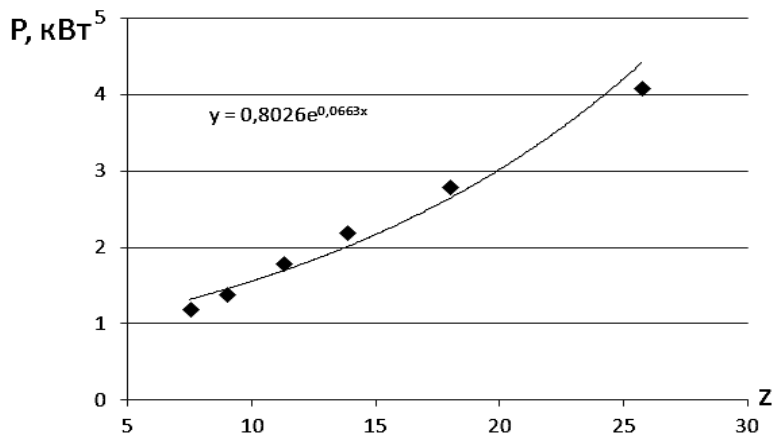


Рис. 1. График зависимости мощности резания от числа зубьев

В процессе анализа свойств режущих кромок ленточных пил с переменным шагом зубьев, изготовленных из сталей марок М42 и М51, рассмотрено влияние данных марок материала пилы на скорость резания и разработана математическая модель, демонстрирующая зависимость мощности резания от числа зубьев пилы для высокоскоростной резки металла.

#### Список литературы

1. Ленточнопильные технологии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://pilenie.blogspot.com/2013/05/blog-post\\_7513.html/](http://pilenie.blogspot.com/2013/05/blog-post_7513.html/) (дата обращения: 28.08.2018).
2. Техническая библиотека. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.inpo.ru/library/reference/bandsaw#.WOX7nmnyipr/> (дата обращения: 28.08.2018).
3. Компания ПАРК. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://park.co.ua/p398377-lentochnye-polotna-tst.html/> (дата обращения: 28.08.2018).
4. Рекомендуемые режимы резания ленточных пил. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://t-o-q.ru/67-metallorzhushchie-stanki/lentochnopilnye-stanki-po-metallu/220-rekomenduemye-rezhimy-rezaniya-lentochnykh-pil.html/> (дата обращения: 28.08.2018).
5. Информация о ленточных полотнах. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.inpo.ru/library/reference/bandsaw#.W37DjCMY7IV/> (дата обращения: 28.08.2018).
6. B2B-Instrument. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.b2b-instrument.ru/lentochnye-pily-honsberg/> (дата обращения: 28.08.2018).
7. Металл-Гарант. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tkmetall.ru/pily-lentochnyie/> (дата обращения: 28.08.2018).