

Как видно из последнего выражения, сила  $P$  во многом зависит от фактической площади контакта доводочного притира с обрабатываемой деталью, условий контактирования и интенсивности изнашивания притира.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицын П. И., Зайцев А. Г., Барбатько А. И. Тонкие доводочные процессы обработки деталей машин и приборов. Минск: Наука и техника. 1976. 326 с.
2. Абразивная и алмазная обработка материалов / Под ред. А. Н. Резникова. М.: Машиностроение. 1977. 391 с.
3. Обработка металлов резанием : справочник технолога / под ред. А. А. Панова. – М.: машиностроение, 1988. – 736 с.

УДК 674. 023

Дечко Э.М.<sup>1</sup>, Густяков П.В.<sup>2</sup>

## ФОРМИРОВАНИЕ МЕЖЗУБНЫХ ВПАДИН ПРИ ЛЕНТОЧНОМ ПИЛЕНИИ

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup> ООО «ВИ-МЕНС»,

Минск, Беларусь

*Многообразие конструкций ленточнопильных станков и пил дают возможность выбора оптимальных ленточнопильных технологий для конкретных условий производства.*

На современных заготовительных производствах до 80 % заготовок разрезают с помощью ленточнопильных технологий, которые относятся к высокотехнологичным, энерго- и ресурсосберегающим процессам. Биметаллические ленточные пилы фирм WIKUS, AMADA, LENOX, ВАНСО и др. отличаются материалами режущей части, формами зубьев, их конструктивными и геометрическими параметрами.

Фирма WIKUS, например, выпускает пильный инструмент с 1958 года, ее производственная программа включает более 1400 вариантов пил с различными формами режущей части, рис.1., [1, 2].

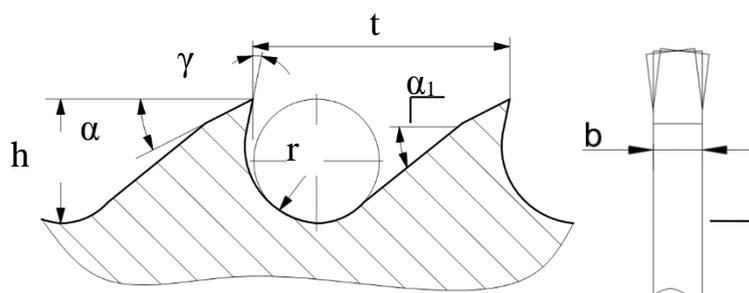


Рис. 1. Профиль межзубной впадины биметаллической ленточной пилы

Геометрические параметры зубьев: передний угол  $\gamma$ , главный задний угол  $\alpha$ , вспомогательный задний угол  $\alpha_1$ , радиус межзубной впадины  $r$ , шаг зубьев  $t$ , высота зуба  $h$ , толщина полотна  $b$ , рис.1. Эти параметры формируют форму зуба и межзубной впадины, рис. 2.

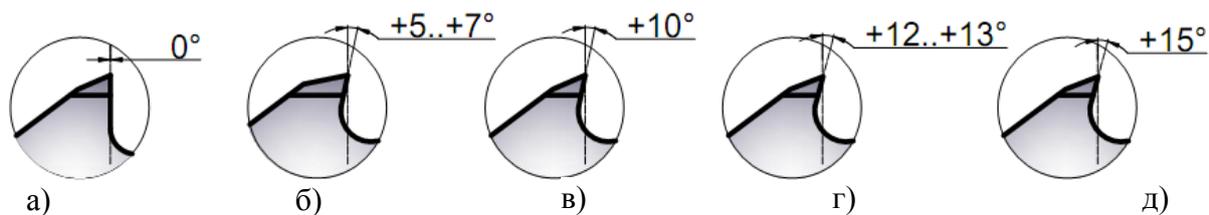


Рис.2. Формы зубьев биметаллических ленточных пил:  
 а - стандартный; б - профильный; в - крючок; г - крючок положительный;  
 д - крючок супер-положительный

Шаг зубьев (*tpi* – toothperinch) делится на постоянный и переменный. Постоянный шаг характеризуется одинаковым расстоянием между зубьями и одинаковым объемом межзубной впадины на всей длине пилы и обозначается одной арабской цифрой от 0,75 до 32 с добавлением букв *tpi*.

Переменный шаг характеризуется переменным расстоянием между зубьями и различным объемом межзубных впадин, внутри одной группы. Группа зубьев может насчитывать 5, 7, 9 и 12 зубьев и обозначается двумя арабскими цифрами от 0,55 - 0,75 до 12-16 с добавлением букв *tpi*.

Поскольку зубья пилы при резании находятся в замкнутом пространстве, то в процессе резания необходимо обеспечить размещение стружки в межзубных впадинах без ее дополнительного деформирования и последующее удаление стружки при выходе из зоны контакта с заготовкой. Учитывая подобие процессов и опыт работы при протягивании, предлагается рассчитывать параметры формы зуба ленточной пилы с учетом коэффициента *K* заполнения стружкой межзубной впадины. При резании металлов объем образующейся стружки будет зависеть от формы, размеров и марки обрабатываемого материала; формы зуба и шага пилы; режимов резания.

При пилении стальных заготовок образуется сливная стружка в виде спирали, которая частично заполняет объемы межзубных впадин, рис.3., а). Известны методики расчетов объемов стружечных канавок для протяжек. Для ленточных пил при расчете коэффициента *K* заполнения впадины учитывается площадь ее активной части:

$$K = \frac{F_a}{F_c} = \frac{\pi h}{4S_z L},$$

где  $F_a$  – площадь активной части межзубной впадины, мм<sup>2</sup>;

$F_c$  – площадь продольного сечения, мм<sup>2</sup>;

$h$  – высота зуба, мм;

$S_z$  – подача на зуб, мм/зуб;

$L$  – длина резания, мм.

При обработке хрупких материалов, образуется стружка надлома, которая заполняет частично объемы межзубных впадин, рис.3,б). Для расчета ленточных пил предлагается формула для коэффициент *K*, с учетом возможного полного заполнения площади межзубной впадины.

$$K = \frac{F_{\text{полн}}}{F_c} = \frac{F_{\text{полн}}}{S_z L}$$

где  $F_{\text{полн}}$  – полная площадь межзубной впадины, мм<sup>2</sup>.

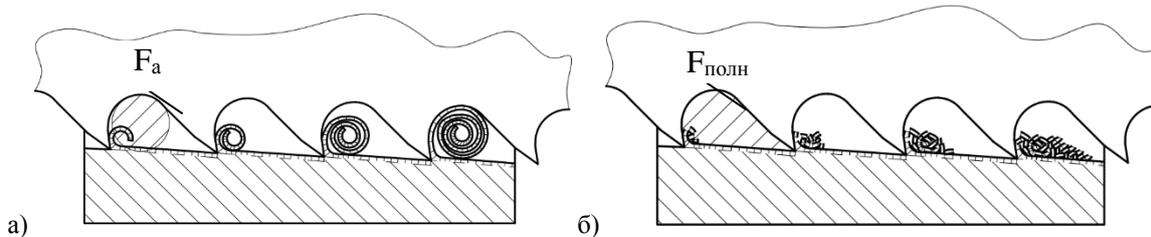


Рис. 3. Размещение стружки во впадине

При переменном шаге межзубные впадины пилы имеют различную форму, рис.4. Полотно состоит из 7 зубьев различной формы: одного вертикального и шести разведенных зубьев попеременно вправо-влево. В расчетах пил с переменным шагом необходимо учитывать наименьшую межзубную впадину. Пилы с постоянным шагом имеют одинаковые межзубные впадины.

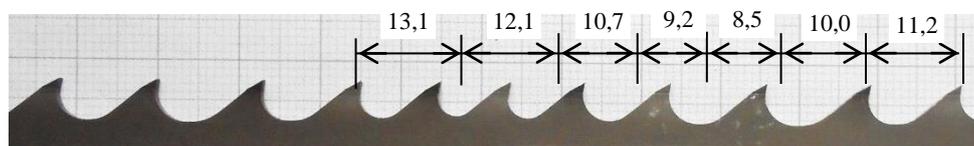


Рис. 4. Биметаллическая ленточная пилы с переменным шагом 2-3 *tpi*

Объем образующейся при резании заготовок стружки в межзубных впадинах определяется по формуле:

$$V_c = bS_zL,$$

где  $S_z$  – подача на зуб, мм/зуб;

$b$  – ширина лезвия, мм;

$L$  – длина резания, мм.

Предлагается расчетная формула для определения площади активной части межзубной впадины. Величины коэффициентов заполнения стружкой межзубных впадин должны быть  $K > 1$ :

$$F_a = F_c K = S_z L K$$

При ленточном пилении значения подач на зуб  $S_z$  принимаются в пределах 0,001...0,01 мм[2]. При пилении пластичных материалов на малых подачах образуется сливная стружка, которая свободно скручивается в канавках в виде спирали. В таких случаях рекомендуется использовать в расчетах минимальные значения коэффициентов заполнения канавок стружкой.

Для различных форм заготовок соответственно изменяются зоны максимального среза материалов. Максимальную зону контакта заготовка-пила имеем, например, на горизонтальных станках колонного типа с углом наклона пильной рамы  $5^\circ$ , рис. 5, [1].

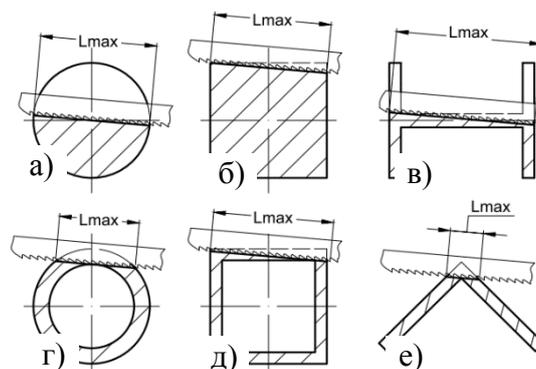


Рис. 5. Максимальная площадь реза для различных форм заготовок:  
 а – круг; б – прямоугольник; в – двутавровая балка; г – труба круглая; д – труба прямоугольная; е – уголок

Наибольший объем стружки в межзубной впадине образуется при прохождении зубом конечной зоны резания и зависит от режимов резания, конструкции станка, формы заготовок.

Максимального количества зубьев  $Z_{max}$  в зоне резания зависит также от профиля заготовок, рис. 6.

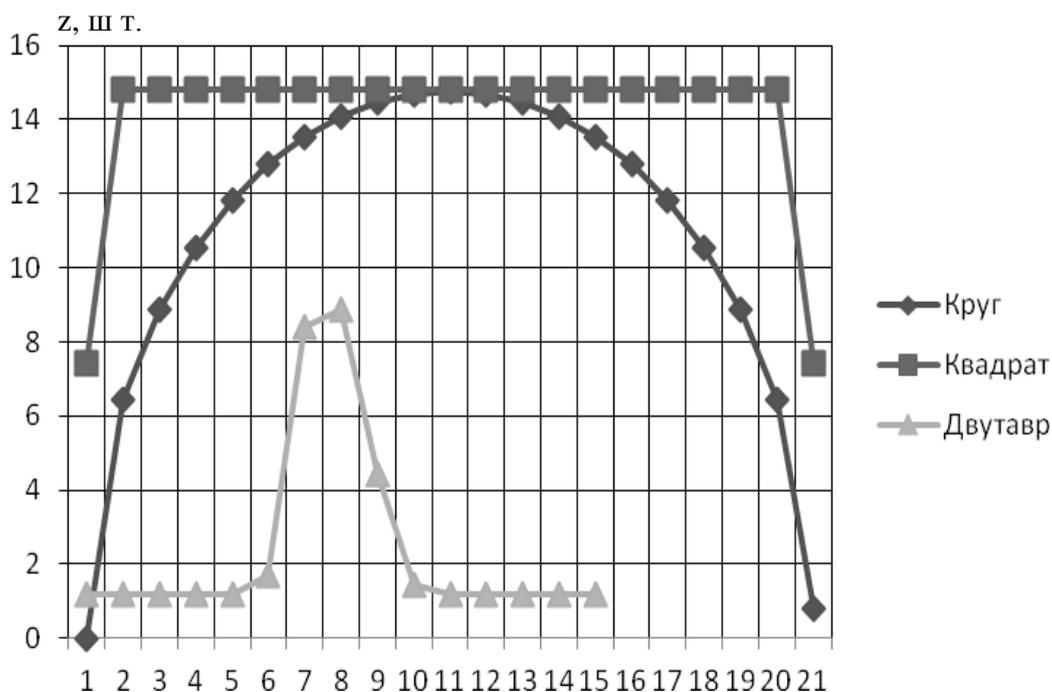


Рис. 6. Изменение максимального количества зубьев в резе: круг Ø150 мм; квадрат 150x150 мм и двутавровая балка 20Ш1

Расчеты подтверждают, что максимальные нагрузки в зоне резания возникают при пилении заготовок квадратной формы, а резкое изменение процессов в зоне контакта пила-заготовка - при резке двутавровой балки.

Следовательно, при внедрении ленточнопильных технологий следует учитывать, кроме других факторов, влияние профилей заготовок на количество зубьев, участвующих одновременно в процессе резания, что связано с силовыми, тепловыми воздействиями на инструмент и, в конечном итоге, с износостойкостью пил и производительностью процесса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основы ленточного пиления и станки: учебн-метод. пособ. под ред.Э.М. Дечко, Ю.Р. Маркевича. Минск: БНТУ, 2014. – 80 с.
2. Ю.Р. Маркевич. Современное оборудование для обработки металлоконструкций. Матер.научн.-техн. конф. «Машиностроение -2010», Минск, 7-8 апр., «Бизнесофсет», 2010 г.,- 24-25 с.
3. Э.М. Дечко, П.В. Густяков. Силы резания при ленточном пилении. «Машиностроение», Республ. межведомств. сборн. научн. труд., вып.№ 30, 2017 г., с. 54-58.

УДК 621.923.4

**Жигалов А.Н., Шелег В.К.**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ НА СТОЙКОСТЬ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ПРЕРЫВИСТОМ РЕЗАНИИ**

**ЗАО «Промлизинг»,**

**Белорусский национальный технический университет**

**Минск, Беларусь**

*Рассмотрены особенности влияния и большой значимости ударной нагрузки при прерывистом резании (торцовом фрезеровании) на стойкость твердосплавного инструмента. Показана эффективность повышения стойкости в 2...3,5 раза твердосплавного инструмента, работающего с ударными нагрузками, обработанного методом аэродинамическим упрочнением (АДУ). Эффект от АДУ достигается за счет воздействия звуковых волн на структуру твердых сплавов, в результате чего происходит измельчение карбидных фаз и их перераспределение, уменьшение дислокаций внутренней структуры, за счет самоорганизации на уровне кристаллической решетки обеспечивается переход от беспорядочного движения флуктуаций и их хаотического состояния к новому порядку, позволяющему улучшить параметры структуры для заданных условий эксплуатации. Экспериментально установлено, что твердосплавные пластины Т5К10, Т15К6, упрочненные методом АДУ, при прерывистом резании стали 45 обеспечивают повышение износостойкости по сравнению с неупрочненными на 30–51%, причем при 2-х ударах в закладке на 38 – 51%, а при 10-ти ударах – на 30–31%. Выявлено, что влияние метода АДУ для более «вязких» сплавов, способных выдерживать большую ударную нагрузку, большее, чем для сплавов с более низкими характеристиками по ударной вязкости. Так, для сплава ВК8, способного хорошо держать ударные нагрузки, эффект повышения стойкости от упрочнения АДУ составляет 285%. Так как метод АДУ значительно расширяет технологические возможности твердосплавных пластин, то рекомендуется вести обработку твердосплавными пластинами, упрочненными методом АДУ, при прерывистом резании при более тяжелых, с наличием большого количества ударов, условиях, при которых производитель пластин не рекомендует их применение.*

**Ключевые слова:** твердые сплавы, прерывистое резание, ударная нагрузка, аэродинамическое упрочнение, износостойкость.

**Введение.** На точность и качество обработанных поверхностей, производительность обработки и себестоимость изготовления изделий значительное влияние оказывает стойкость инструмента. В тоже время, повышение стойкости инструмента зависит от из-