

При включении установки обрабатываемая деталь, зажатая в переднем и заднем патронах, приводится во вращение. Одновременно детали задается растягивающее усилие  $P_p$ , и она обрабатывается резцом, закрепленным в узле резцедержателя (суппорта). По окончании процесса обработки детали узлом резцедержателя (суппорта) замыкаются контакты микропереключателей.

Температура нагрева заготовки индуктора равна температуре низкого отпуска ее материалов (для стали температура нагрева 200 °С). Это обеспечивается тем, что в момент отвода резца от заготовки биметаллический элемент входит в соприкосновение с деталью и, нагреваясь, перемещает ось датчика. Электрический сигнал поступает на усилитель, на блок управления и от него – на ламповый генератор, который связан с блоком выпрямления, соединенного с трехфазовой сетью. Равномерный нагрев заготовки, регулируется изменением частоты в колебательном контуре за счет емкости.

Применение устройства для токарной обработки нежестких деталей позволило повысить точность обработанной детали до 2,5 раза.

#### **Литература**

1. Бурский, В.А. Обработка нежестких деталей приборов / В.А. Бурский, В.А. Карпушин. – Минск: Минсктиппроект, 1998.
2. Способ механической обработки нежестких деталей: а.с. 618195 СССР / В.А. Карпушин, Н.Н. Дорожкин // Б.И. – 1972. – № 30.
3. Устройство для токарной обработки нежестких деталей: а.с. 1038072 / Э.Я. Ивашин, В.А. Карпушин, В.А. Бурский // Б.И. – 1983. – № 32.

**УДК 674.023**

### **ЛЕНТОЧНОЕ ПИЛЕНИЕ**

**Э. М. Дечко, А. М. Якимович, П. В. Веремей, П. В. Густяков,  
Е. В. Пилипчук<sup>1</sup>,  
Ю. Р. Маркевич, С. В. Сизов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Белорусский национальный технический университет, Минск*

<sup>2</sup> *ООО «ВИ-МЕНС», Минск*

Ленточное пиление относится к высокотехнологичным, высокопроизводительным энерго- и ресурсосберегающим технологическим процес-

сам на заготовительных операциях при резке стальных блоков, сортового проката, труднообрабатываемых материалов, цветных металлов и их сплавов, гранита, бетона и других материалов различных форм и размеров.

Оборудование фирмы «ВИ-МЕНС», Минск, используется на промышленных предприятиях республики, а также в учебном процессе БНТУ при подготовке инженеров по специальностям «Технологическое оборудование машиностроительного производства», «Технология машиностроения».

Одним из показателей экономичности технологии ленточного пиления является уменьшение ширины пропила, которая составляет 2 – 3 мм. При этом отклонения от перпендикулярности реза находятся в пределах 0,1 – 1,5 мм. Ширина пропила круглопильных станков составляет 7...14 мм, абразивно-отрезных – 4...5 мм при отклонениях от перпендикулярности реза до 3...7 мм.

Скорости резания в зависимости от материалов пилы и обрабатываемой заготовки составляют, соответственно, для биметаллических пил  $v = 10...100$  м/мин; для пил с твердым сплавом  $v = 15...150$  м/мин; для пил с твердосплавной и алмазной крошкой  $v = 1500...3000$  м/мин. Поддачи на зуб пилы в зависимости от условий работы – 0,001...0,01 мм/зуб.

Материалы режущей части пил – инструментальная сталь, биметалл, твердый сплав, алмазы (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав материала режущих кромок биметаллических пил

Материал	C% углерод	Cr% хром	W% вольфрам	Mo% молибден	V% ванадий	Co% кобальт
Углеродистые стали 62-66 HRC	1,3	0,2				
Matrix	0,7	3,8	1,0	5,0	1,0	7,0
M 2	0,8	4,15	6,37	5,0	1,92	
M 42 68-69 HRC	1,1	4,0	1,5	9,3	1,1	7,9
M 51 (M71) 69 HRC	1,3	4,3	9,4	3,4	3,2	9,8

Полотна пил из инструментальной стали имеют микротвердость по направлению от вершины зуба до межзубной впадины канавки от 67...69 HRC до 60...61 HRC, теплостойкость до 205 °С. Для биметаллических полотен при твердости зуба 67...69 HRC и полотна 48...52 HRC теплостойкость составляет 595 °С, а при твердости зуба 69 HRC – теплостойкость 700 °С. Пи-

лы с твердым сплавом режущей части твердостью 69...70 HRC имеют теплоустойчивость до 900...1000 °С при твердости полотна 48...52 HRC.

Формы зубьев, канавок, шаг, разводка зубьев схемы резания зависят от условий работы. Использование пилы при шаге с 3-мя зубьями с заточкой по 3-м плоскостям режущих лезвий с различными углами в плане  $\varphi_1 = 45^\circ$ ;  $\varphi_1 = 0^\circ$ ;  $\varphi_1 = 45^\circ$  при групповой схеме резания обеспечивает разделение стружки по ширине реза, рис. 1.

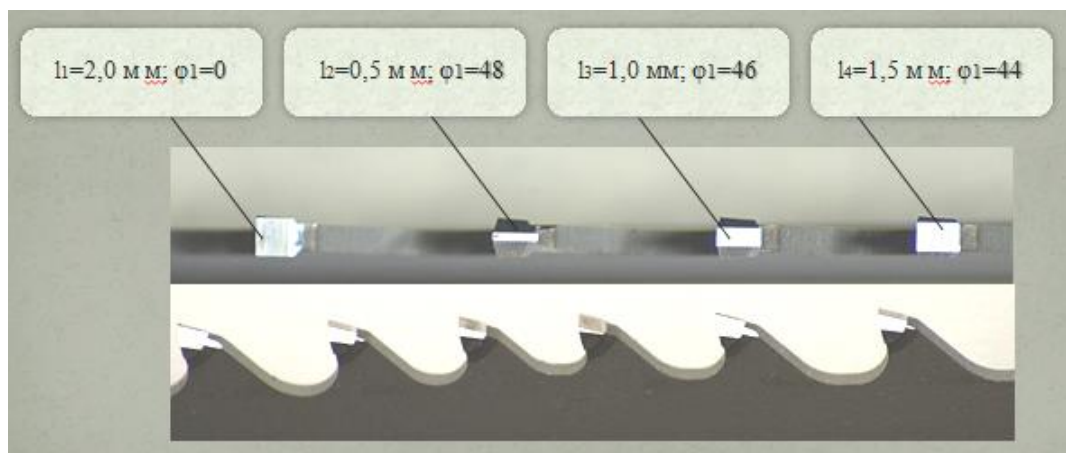


Рис. 1. Заточка режущих лезвий пилы при групповой схеме резания

Толщина пилы 5 мм. Первый зуб имеет в середине участок лезвия  $l_1 = 2$  мм, второй  $l_2 = 0,5$  мм, третий  $l_3 = 1$  мм, четвертый  $l_4 = 1,5$  мм с углами  $\varphi_1 = 0, 48, 46, 44^\circ$ , соответственно. Такая форма заточки обеспечивает разделение стружки на части, плавное увеличение сил резания, снижение температуры в зоне контакта пилы со снимаемым слоем металла, уменьшение нагрузки на уголки зачистного лезвия и способствует уменьшению вибраций. Кроме того, разделение стружки на части улучшает условия ее удаления из зоны пропила.

При ленточном пилении движения подачи и резания сообщается ленточной пиле, полотну которой подвергается растягивающим, сжимающим нагрузкам и знакопеременному крутящему моменту при повороте в рабочее положение в зоне контакта с заготовкой.

Кафедрами «Металлорежущие станки и инструменты», «Технология машиностроения» совместно с представителями фирмы ВИ-МЕНС проведены исследования конструктивных особенностей ленточных пил, их деформаций в процессе резания и шероховатости поверхности реза при изменении режимов резания на ленточнопильном станке модели МЕВAswing 230G, переданного университету для учебного процесса.

Использование методов математического моделирования позволило исследовать напряжения и деформации зуба в процессе работы. Для создания 3D твердотельной модели зуба ленточной пилы использовалась методика трехмерного моделирования, которая позволяет изменять нагрузки на зуб пилы. Модель зуба создана в пакете Solid Works. Для исследования напряжений и деформаций зубьев применялся метод конечных элементов.

Рассматривался стандартный зуб ( $S$ ) биметаллического ленточного полотна M42 3660x34x1,1x6,3 с передними углами  $\gamma = 0^\circ$  и  $10^\circ$ . Стандартный зуб с углом заточки  $0^\circ$  используется для пиления материалов с образованием короткой стружки; сталей с высоким содержанием углерода; инструментальных сталей и чугунов; заготовок небольшого сечения; тонкостенных профилей.

Установлено, что напряжения зуба ленточной пилы при приложении равнодействующей силы резания  $P$  для углов  $\gamma = 0^\circ$  и  $\gamma = 10^\circ$  составляют  $\sigma = 651,3$  МПа, а смещение режущей кромки при этом  $\Delta = 0,31$  мм (рис. 2).

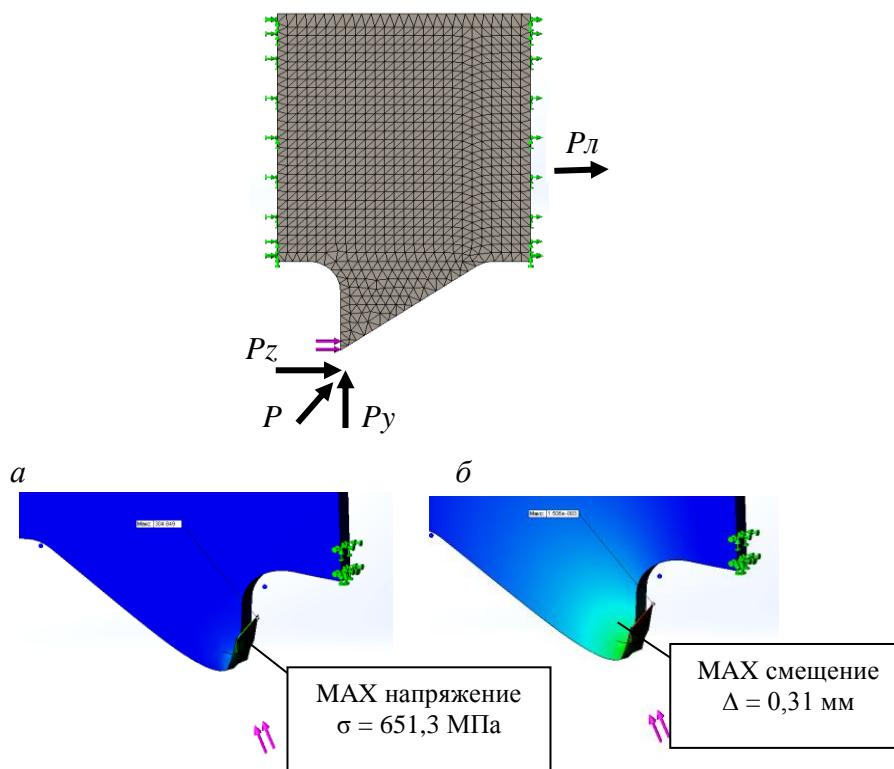
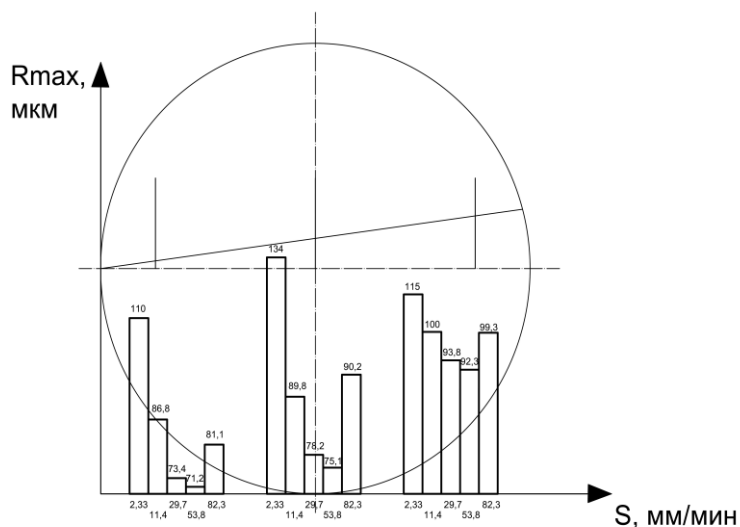


Рис. 2. Схемы:

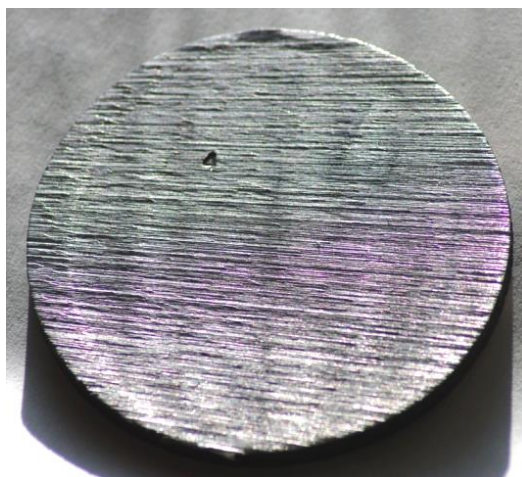
$a$  – приложения силы резания при  $\gamma = 0^\circ$ ;  $b$  – зоны максимальных напряжений и деформаций зуба пилы при приложении равнодействующей силы резания

Исследовано так же влияние величины подачи на шероховатость поверхности в трех сечениях при врезании пилы, в средней зоне заготовки и при окончании пиления (рис. 3).

Скорость резания пилы составляла 56 м/мин. Поскольку после пиления шероховатость поверхности реза находится в пределах  $R_{\max} = 71,2$  мкм ... 134 мкм, то в ряде случаев это позволяет исключить операцию торцевания заготовок и, соответственно, сократить время обработки.



*a*



*б*

Рис. 3. Шероховатость поверхности реза при различных подачах (*a*) и общий вид поверхности заготовки после обработки стали 45 биметаллическим ленточным полотном М42 3660x34x1,1x6,3 (*б*)

### Литература

1. Некоторые особенности процессов ленточного пиления / Э.М. Дечко [и др.] // Металлообработка-2013: тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 10 – 11 апр. 2013 г.

2. Влияние величины подачи на качество поверхности при ленточном пилении / П.В. [и др.] // 13-я Междунар. конф., Гродно, 16 – 17 мая 2013 г.

**УДК 621.9: 658.512**

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

**В. И. Бородавко<sup>1</sup>, В. С. Ивашко<sup>2</sup>, С. А. Клименко<sup>3</sup>, М. Л. Хейфец<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Государственное НПО «Центр» НАН Беларуси, Минск*

<sup>2</sup> *Белорусский национальный технический университет, Минск*

<sup>3</sup> *Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины,  
Киев, Украина*

Проблема управления технологическими процессами изготовления и ремонта деталей обычно ограничивается рамками отдельных операций. Однако для обеспечения качества машин необходимо всесторонне исследовать весь процесс изготовления и эксплуатации деталей, учитывая явление технологической наследственности. Это означает, что все операции и их технологические переходы следует рассматривать не изолированно, а во взаимосвязи, т.к. конечные характеристики формируются всем комплексом технологических воздействий и изменяются при эксплуатации машины.

Начиная с момента появления материала как определенного вещества и до придания ему желаемых размеров и свойств, он проходит через ряд состояний, характеризуемых комплексом параметров. Любой технологический процесс приводит к изменению этих параметров и может быть представлен траекторией точки, движущейся в пространстве состояний от начального до конечного состояния. В любой момент времени состояние объекта (материала, заготовки, детали) определяется конечным числом свойств. Любое состояние при этом должно рассматриваться как результат состояний, имевших место в прошлом.

Носителями наследственной информации являются обрабатываемый материал и поверхности детали со всем многообразием описывающих их параметров. Носители информации активно участвуют в технологическом процессе, проходя через различные операции и переходы, испытывая воздействия технологических факторов. Процессом технологического наследования