

Повышение эффективности резки заготовок на ленточно-пильных станках.

Р.А.Денисов, В.М. Скоромнов
АО «НПК «КБМ», г. Коломна, Россия
Московский Государственный Университет Машиностроения (МАМИ), г.
Москва, Россия

Аннотация: В статье рассмотрены алгоритмы для эффективного управления движениями пильного полотна ленточно-пильного станка. Предложена оригинальная конструкция рамы и размещения на ней основных силовых узлов станка.

Ключевые слова: ленточно-пильный станок, автоматизация, алгоритм, подача, привод.

В состав современного машиностроительного предприятия почти во всех случаях входит заготовительный передел производственного процесса, назначение которого – получение заготовок.

Особое место внутри заготовительного передела, а так же и металлообрабатывающего занимают разделительные операции. В настоящее время перечень методов резки расширился в связи с применением новых технологий. Ниже приведены некоторые из способов:

- Газопламенная
- Гильотинная
- Ленточной пилой
- Дисковой фрезой
- Токарным резцом
- Строгание резцом
- Абразивным кругом
- Лазерная
- Плазменная
- Гидроабразивная

Каждый из этих методов может быть эффективно применен в технологическом процессе. Задача состоит в том, что бы с наименьшими энергозатратами, за меньшее время получить большее количество заготовок. При производстве деталей круглой формы диаметрами до 500 мм (фланцы из различных металлов с высокими механическими характеристиками, диски, опоры, и пр.) в машиностроении показало свою эффективность применение ленточных пил. Этот способ оправдан, когда из прутка необходимо получать плоские заготовки круглой (и не только) формы.

В настоящее время существует два основных типа ленточнопильных станков применяемых для разделительных операций на машиностроительных предприятиях. Это наклонные и двухстоечные.

Принципы работы этого оборудования хорошо известны и имеют свои достоинства и недостатки.

Основные преимущества этого оборудования заключаются в экономии разрезаемого материала, вследствие малых толщин пильного полотна и сравнительно высокой скорости резки материала. Параметр, который характеризует производительность подобного оборудования измеряется в $\text{мм}^2/\text{мин}$. Так как линейная или угловая скорость перемещения пильного полотна зависит от механических свойств материала, материала пильного полотна и степени его затупления, геометрии разрезаемого прутка в сечении, использовании СОЖ и пр., то значения этого параметра находятся широким диапазоне. Так, например, для алюминиевого сплава АМгб этот параметр составляет в среднем $2000\text{мм}^2/\text{мин}$, тогда как для стали марки 40Х – $200\text{мм}^2/\text{мин}$. Эти показатели еще меньше для специальных сталей и сплавов, используемых в авиакосмической промышленности. Отсюда видно, что чем выше значение этого параметра, тем более производительным считается оборудование.

Авторами статьи поставлена задача – повысить производительность резания для прутков больших диаметров и материалов и сплавов с высокими механическими свойствами за счет применения специальных алгоритмов движения пильного полотна.

Всем, кто сталкивался с работой ножовочной пилой, хорошо известно такое свойство. При пилении твердых пород дерева особенно большая эффективность достигается при повороте заготовки вокруг продольной оси и врезании в новую область материала. Поскольку удаление материала происходит с угла, то процесс идет быстрее. По мере достижения полотном наибольшей длины соприкосновения с заготовкой усилия увеличиваются и достигают максимума. Обычно это происходит на наибольшем диаметре, т. к. в работе участвует максимальное число зубьев.

Несмотря на широкую автоматизацию во всех областях машиностроительной сферы, ленточнопильное оборудование не очень глубоко подверглось этим преобразованиям и на взгляд авторов в этом секторе станкостроения необходимо активней внедрять современные новшества.

Для пиления прутков большого диаметра и материалов высокой твердости предлагается использовать способ пиления с переменным углом наклона пильного полотна согласно алгоритмов, приведенных ниже. В традиционных схемах пиления прутков больших диаметров подача пильного полотна зависит от длины контакта этого полотна и заготовки. Чем больше длина реза, тем большее число режущих зубьев полотна участвует в работе и тем большее усилие подачи необходимо прикладывать для поддержания необходимой скорости резания. Но усилие подачи так же нельзя бесконечно

увеличивать, так как при этом возникает потеря устойчивости полотна и происходит либо разрыв режущей ленты, либо уход плоскости реза, что влечет за собой порчу заготовки или повышенный расход материала. Так же значительно увеличивается время одного реза. Целью проводимой работы является снижение энергозатрат, повышение качества и скорости пиления, а так же продление срока службы пильного полотна.

Для реализации такого способа пиления необходимо иметь жесткую конструкцию рамы, на вертикальных стойках которой на опорах подшипников закреплены шарико-винтовые пары, направляющие и измерительные линейки. Для еще большей жесткости на раму могут крепиться шлифованные направляющие, а передача усилий от ШВП на каретку направляющей передается с помощью кронштейна. Рама может вращаться на оси для выбора необходимого угла резки в вертикальной плоскости. Ось рамы входит в отверстие стола и может быть для надежности и качества установлена на радиально упорных подшипниках и закреплена гайкой. Выбор угла пиления($\pm 45^\circ$) фиксируется зажимной муфтой при помощи рукоятки.

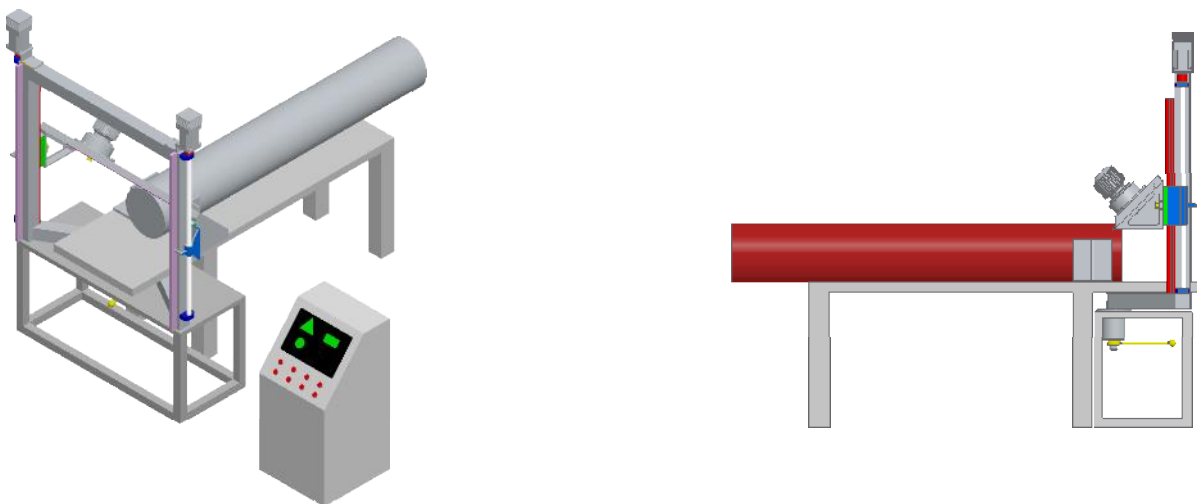


Рис 1. Общий вид установки

Шарико-винтовые пары соединены через соединительные муфты с серводвигателями. Управление серводвигателями производится приводами подач в соответствии с командами исходящими от стойки ЧПУ. Могут так же использоваться шаговые двигатели с соответствующей системой управления.

Управляющая программа выбирается оператором в соответствии с геометрическими параметрами и механическими характеристиками материала и реализует один из нескольких алгоритмов управления приводами.

Гайки ШВП закреплены в корпусах со шпильками.

На шпильках корпусов шарнирно крепится рабочий корпус, причем он имеет вращательное движение относительно одной из шпилек корпусов и вращательно – поступательное движение относительно шпильки второго корпуса ШВП. Это связано с тем, что при изменении угла пиления гипотенуза треугольника С (см. рисунок 2) может изменяться в пределах от расстояния между осями винтов ШВП (L) до значения $C = L/\cos a$.

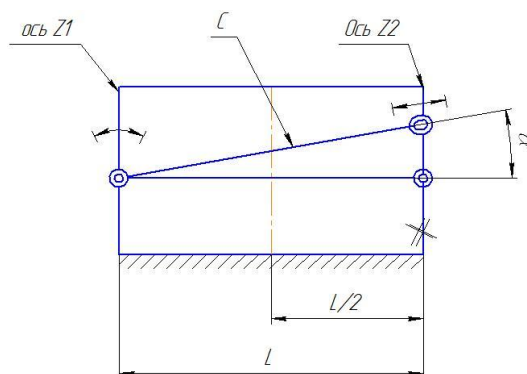


Рис.2

Значение L постоянно для конкретного типоразмера ленточной пилы. Значение $a \pm 15^0$ ограничено из конструктивных соображений и контролируется концевыми выключателями, расположенными на одной из шпилек корпуса гайки ШВП.

Для повышения точности и долговечности шпильки должны быть термически обработаны. На ответных узлах рекомендуется использование подшипников и термически обработанных деталей.

Рабочий корпус это станочный узел, который служит для крепления:

- вращающихся шкивов – ведомого и ведущего;
- системы натяжения пильного полотна, мотор-редуктора для вращения ведущего колеса (показаны условно);
- направляющих (упорных) роликов пильного полотна (на схеме не показаны);
- элементов автоматики (датчиков натяжения, концевых датчиков и пр.), (на схеме не показаны)
- системы подачи СОЖ (смазочно-охлаждающей жидкости) (на схеме не показаны),

а так же для выполнения рабочего движения пильного полотна согласно выбранного алгоритма.

Пильное полотно установлено зубьями вниз на два колеса до упора в реборду и натянуто с помощью системы натяжения.

Пильное полотно разворачивается с помощью направляющих на угол, в соответствии с конструкцией станка. Угол разворота пильного полотна зависит от расстояния между осями ведущего и ведомого колес. Чем больше это расстояние, тем на больший угол возможен разворот. Необходимым

требованием является условие перпендикулярности плоскости пильного полотна в рабочем положении к рабочей поверхности стола. При этом важно, что бы ось вращения рамы находилась в плоскости резания.

Смена пильного полотна осуществляется при поднятом максимально вверх рабочем корпусе при ослабленной системе натяжения.

Для автоматизации подачи и крепления прутка в зону резания используется устройство подачи, конструкция и исполнение которого могут быть выбраны из условий эксплуатации предлагаемой ленточной пилы и в данной статье не рассматривается.

Для распиловки прутка могут быть выбраны несколько алгоритмов работы:

- с переменными углом наклона и шагом;
- с переменным углом наклона и постоянным шагом;
- с постоянным углом наклона;
- горизонтальный.

Алгоритм подачи с переменными углом наклона и переменным шагом подходит для пиления прутков с большим диаметром, а также для материалов с высокими механическими свойствами. В этом методе заложена максимальная эффективность пиления с учетом геометрии прутка круглого сечения. (Рис. 3)

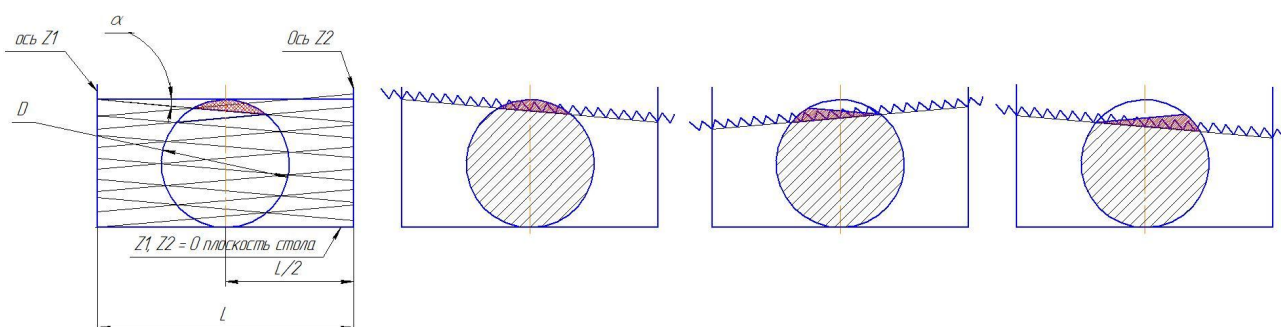
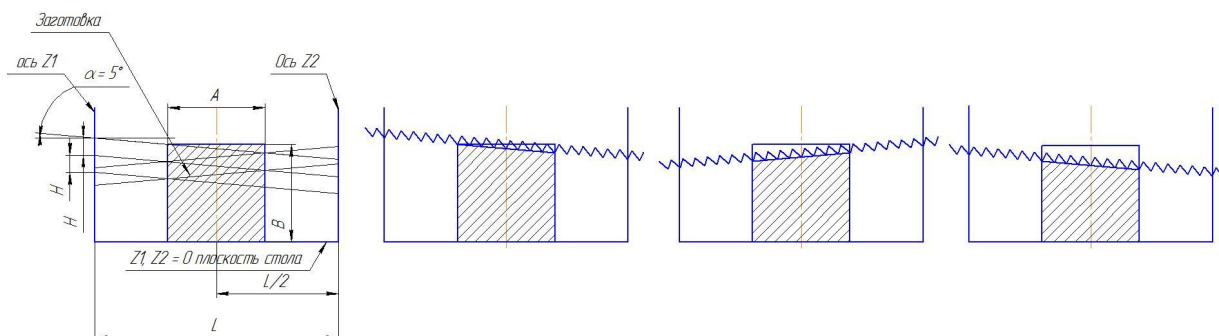


Рис. 3

Алгоритм подачи с переменным углом наклона и постоянным шагом подходит для пиления прутков прямоугольного сечения, а также для



материалов с высокими механическими свойствами этого же сечения. (Рис. 4)

Алгоритм подачи с постоянным углом наклона подходит для пиления прутков прямоугольного сечения, у которых горизонтальный линейный размер много больше вертикального. При этом полотно движется поступательно под заданным углом. Рис. 5

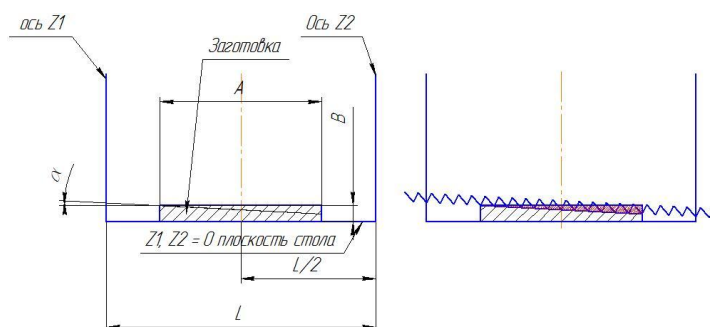


Рис. 5

Обычный (горизонтальный) алгоритм с постоянной скоростью подачи используется для пиления прутков небольших диаметров, где применение других алгоритмов не целесообразно. Пильное полотно движется горизонтально.

Далее приведены два первых алгоритма, как наиболее сложных.

Алгоритм пиления с переменными углом наклона и шагом

Схема выполнения последовательности алгоритма выглядит следующим образом.

Выбор формы поперечного сечения прутка (круг, квадрат, прямоугольник).

Ввод габаритных размеров прутка (диаметр).

Выбор материала из перечня возможных вариантов, количества резов (N), ширины реза C, марки пильного полотна. Указанные выше данные вводит оператор.

Из заложенных в базу данных значений система управления назначает наивыгодные скорость резания S, подачу режущего полотна F и угол врезания и шаг (H).

Шаг H определяется из угла наклона пильного полотна и расстояния между осями направляющих Z1 и Z2.

После запуска автоматического режима система управления производит выход в машинные нули. Машинные нули находятся на уровне плоскости рабочего стола.

Далее происходит подъем и установка лезвия полотна в координату (Z max) на 10 мм выше верхней точки заготовки одновременно по двум осям (Z1 и Z2).

Подача прутка на заданную ширину реза C.

Фиксация заготовки гидравлическими или пневматическими зажимами.

Включение привода пильного полотна и установка скорости резания S .

Подача горизонтально пильного полотна на $Z = D$.

Включение привода оси $Z2$ и отработка на рабочей подаче значения угла альфа к плоскости стола.

Одновременный ускоренный отвод пильного полотна по двум осям по направлению $+ Z$ на расчетную величину для каждой оси и смена угла на противоположный.

Пиление с рабочей подачей F и скоростью резания S на расчетную величину H .

Повтор последовательности трех предыдущих шагов до тех пор, пока значения $Z1$ и $Z2$ не достигли значения «0». Если $Z1$ и $Z2$ равны «0», то остановка приводов подачи рабочего корпуса и привода пильного полотна.

Отвод в исходную точку $Z \max$.

Проверка значения N .

Подача заготовки. Повтор пиления, пока количество резов N не станет равным 0.

Если $N=0$, то отвод в положение выше точки $Z \max$.

Конец программы.

Алгоритм подачи с переменным углом наклона и постоянным шагом

Схема выполнения последовательности алгоритма выглядит следующим образом.

Выбор формы поперечного сечения прутка (круг, квадрат, прямоугольник).

Ввод габаритных размеров прутка (размер сторон).

Выбор материала из перечня возможных вариантов, количества резов (N), ширины реза C , марки пильного полотна. Указанные выше данные вводит оператор.

Из заложенных в базу данных значений система управления назначает наивыгодные скорость резания S , подачу режущего полотна F и угол врезания и шаг (H).

Шаг H определяется из угла наклона пильного полотна и расстояния между осями направляющих $Z1$ и $Z2$.

После запуска автоматического режима система управления производит выход в машинные нули. Машинные нули находятся на уровне плоскости рабочего стола.

Далее происходит подъем и установка лезвия полотна в координату ($Z \max$) на 10 мм выше верхней точки заготовки одновременно по двум осям ($Z1$ и $Z2$).

Подача прутка на заданную ширину реза C .

Фиксация заготовки гидравлическими или пневматическими зажимами.

Включение привода пильного полотна и установка скорости резания.

Подача горизонтально пильного полотна на $Z = A$.

Включение привода оси $Z1$ и отработка значения шага N по направлению к столу.

Одновременный ускоренный отвод пильного полотна по двум осям на $H/2$ по направлению $+ Z$.

Включение привода $Z2$ и отработка значения шага N по направлению к столу.

Повтор последовательности трех предыдущих шагов до тех пор, пока значения $Z1$ и $Z2$ не достигли значения «0». Если $Z1$ и $Z2$ равны «0», то остановка приводов подачи рабочего корпуса и привода пильного полотна.

Отвод в исходную точку $Z \max$.

Проверка значения N .

Подача заготовки. Повтор пиления, пока количество резов N не станет равным 0.

Если $N=0$, то отвод в положение выше точки $Z \max$.

Конец программы.