

Моделирование силы резания на ленточнопильном станке с
помощью программного средства SIMULINK
Modeling of a cutting force on a band saw machine with a software tool
SIMULINK

Литвинов А.Е. аспирант кафедры СУ и ТК, Корниенко В.Г. Зав. Каф. СУ и ТК, профессор
Кубанский государственный технологический университет
Краснодар, Россия

Для обработки металла резанием на ленточнопильных станках выделяются следующие режимы резания:

S - величина перемещения пильной рамы, мм/мин.

V - скорость движения зубьев пилы в направлении главного движения. Два прямолинейных движения – главное и вспомогательное обеспечивают необходимую траекторию движения каждого зуба пилы. Сила, с которой привод воздействует на пильную раму, называется усилием подачи, являющееся одной из величин обеспечивающих производительность работы станка.

В процессе резания происходит износ задней режущей кромки и ее площадь увеличивается. Увеличение площади поверхности задней режущей кромки, увеличивает и ширину контакта кромки с обработанной поверхностью.

Врезание зуба пилы в заготовку в плоскости реза реализуется подачей, т. е. контактные напряжения, возникающие в зоне контакта обрабатываемой заготовки и задней режущей кромки, способствуют пластической деформации материала заготовки. Условие врезания зуба пилы в заготовку обеспечивается зависимостью:

$$S > S_m, \tag{1}$$

где $-S_m$ предел текучести материала заготовки.

При увеличении площади поверхности задней режущей кромки, вследствие износа, усилие на зуб следует увеличивать, с целью обеспечения врезания зуба пилы в заготовку. Но при этом может возникнуть увод пилы из плоскости реза и ее перекос. В таблице 1 приведены значения усилий на зуб, удовлетворяющих условию (1) в зависимости от площади задней режущей кромки, Q_0 .

Таблица 1 – Значения усилий на зуб в зависимости от площади задней режущей кромки

Обрабатываемый материал	Предел текучести, σ_t , ГПа	Усилие на зуб, F_0 , Н		
		$Q_0=0,02 \text{ мм}^2$	$Q_0=0,06 \text{ мм}^2$	$Q_0=0,1 \text{ мм}^2$
Сталь 45	0,34	6,8	13,6	34

Минимальные усилия F_0 на зуб пилы, при действии которых контактные напряжения на задней режущей кромке удовлетворяют условию (1), т. е. происходит внедрение зуба в заготовку, и заготовка при этом испытывает пластические деформации типа наклеп приведены в таблице 1 по результатам физического моделирования.

При моделировании процесса резания с помощью программного средства SIMULINK, усилие на зуб, определяемое подпором давления в гидроцилиндре, выбирается в пределах от некоторого минимального усилия до максимального усилия, - усилия поджима золотника регулятора подачи к верхней кромке пилы. Минимальное усилие на зуб определяется выражением:

$$F_{0\min} = s_m * Q_0, \quad (2)$$

Где s_m - предел текучести материала, ГПа

Q_0 - площадь задней режущей кромки, мм²

Уравнением (2) реализована структурная схема алгоритма определения составляющих силы резания. Процедурный блок с подключенными к его входам блоками-константами, выполняющих роль входных параметров (переменных) представлен на рисунке 1. К выходам подключены блоки цифровой индикации, индицирующие горизонтальную и вертикальную составляющие силы резания.

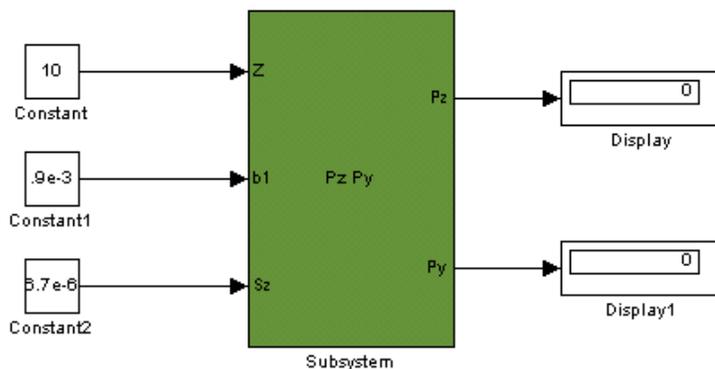


Рисунок 1 – Процедурный блок SUBSYSTEM

(Назначение – определение составляющих силы резания; входные параметры – толщина пилы b_1 , толщина срезаемого слоя S_z , число зубьев в контакте Z ; выходные параметры – составляющие силы резания P_y , P_z)

Предел прочности обрабатываемого материала σ_b , коэффициент K_p задаются в списке постоянных (маскируемых) параметров в окне, вызываемом двойным щелчком левой кнопки мыши по блоку (либо выбором пункта MASK PARAMETRES контекстного меню блока SUBSYSTEM).

На рисунке 2 представлена структурная схема алгоритма процедурного блока SUBSYSTEM. Здесь необходимо отметить наличие блока MANUAL SWITCH, позволяющего определять значения составляющих силы резания для пил с затупленными зубьями или для пилы с новыми зубьями.

Поскольку в процессе работы станка в моменты перегрузки пыльная рама может двигаться вверх, то сила резания будет равна нулю, пока пыльная рама не достигнет координаты, с которой началось ее движение вверх. С этой целью на рисунке 2 в структурную схему включен блок SUBSYSTEM.

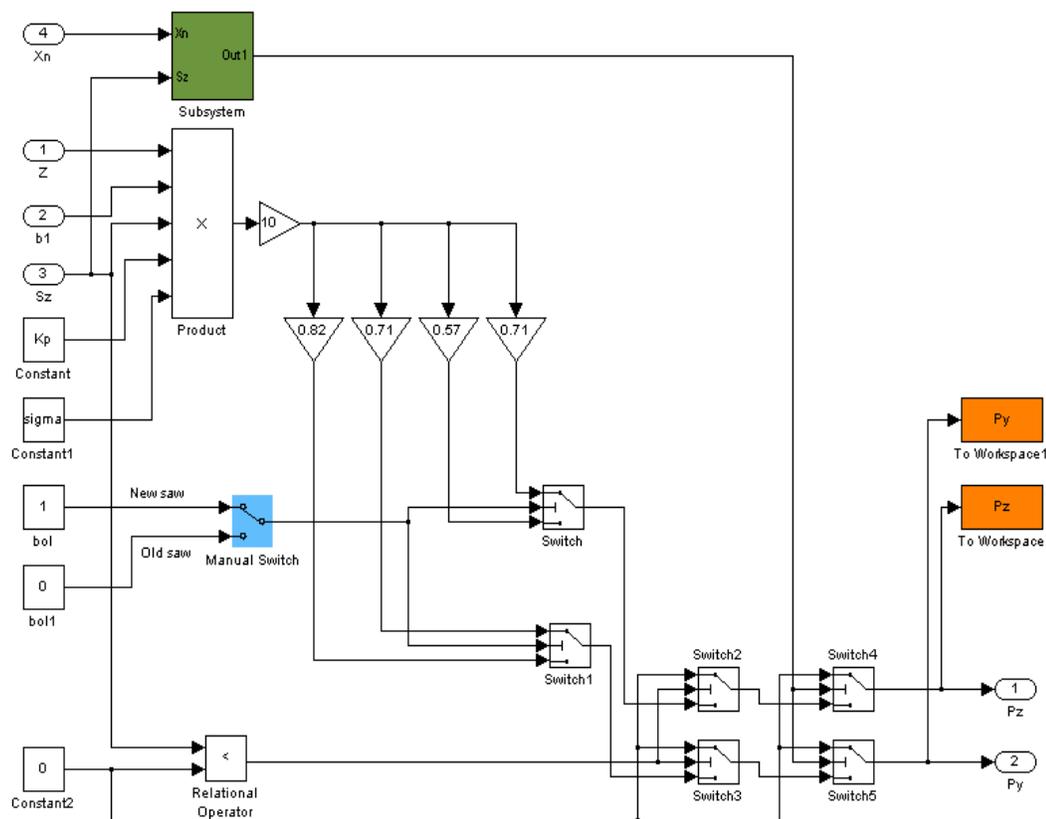


Рисунок 2 – Структурная схема алгоритма процедурного блока SUBSYSTEM

В таблице 2 представлены результаты работы модели для новой пилы и для пилы с затупленными зубьями. Результаты работы получены для случая обработки стали 45 ($\sigma_b=0,58$ ГПа, $K_p=2,5$) пилой толщиной 0,9 мм, подачей на зуб $S_z=6,7$ мкм и числом зубьев в контакте, равным 10.

Таблица 2 – Результаты работы модели

Состояние зубьев пилы	P_z , Н	P_y , Н
Заточенные	620,8	620,8
Затупленные	498,4	717

Таким образом, моделирование процесса резания на этапе проектирования оборудования обеспечивает оптимальные конструкторские решения по разработке динамической системы ленточнопильного станка.