

УДК 621.96:621.771.09

И.Б.Жуков (асп., каф. РАПС СПбГЭТУ “ЛЭТИ”)  
Л.П.Козлова, к.т.н., доц. СПбГЭТУ “ЛЭТИ”

## ОПТИМИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НОЖНИЦ ДЛЯ РЕЗКИ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

К качеству резки металлических полос предъявляются очень жесткие требования, т. к. деформация отрезаемых полос ввиду необходимой дополнительной правки представляет серьезную помеху для рационального производства.

Требуемая точность резки, а также вид и качество материала являются основными факторами, обуславливающими вид работы и конструктивные параметры ножниц. С точки зрения качества реза наиболее рационально использовать ножницы с катящимся резом, в которых верхний дугообразный нож движется по неподвижному прямолинейному нижнему ножу. Как показали исследования [1], оптимальной траекторией движения ножа является такая траектория, при которой верхний нож катится по горизонтальной прямой линии, лежащей ниже режущей кромки нижнего ножа на глубину вертикального перекрытия между ножами. Наиболее перспективной является новая однокривошипная конструкция ножниц с катящимся резом, разработанная в Колпинском отделении ВНИИМетмаш. Эта конструкция по сравнению с традиционной двухкривошипной обладает вдвое меньшей массой и обеспечивает более точное обкатывание проката при резе.

Задачей оптимизации является разработка системы управления, осуществляющей автоматический поиск оптимальных режимов резки листового проката, которые обеспечивают:

- требуемый уровень качества реза,
- минимизацию энергозатрат на рез.

Оптимизировать управление можно по следующим параметрам:

- боковой зазор  $\delta$  между ножами;
- закон управления скоростью движения ножа;
- длительность цикла реза за счет оптимизации взаимных движений всех механизмов комплекса резки (главного привода ножниц, механизмов подачи и прижима листа и другого вспомогательного оборудования).

Последний вопрос в данной работе не рассматривался.

При оптимизации следует учитывать следующие характеристики разрезаемого проката:

- пределы прочности при растяжении  $\sigma_B$  и текучести  $\sigma_T$  разрезаемого металла;
- величины относительного надреза  $\epsilon_{над}$  и относительного отрыва  $\epsilon_{отр}$ , а также величину относительного удлинения разрезаемого металла  $\delta_5$ .

Все эти характеристики зависят от химического состава разрезаемого материала, его температуры, а также от скорости деформации разрезаемого металла при температуре, превышающей температуру рекристаллизации. Величина бокового зазора имеет большое значение для чистоты реза и для внешнего вида поверхности реза. Величина оптимального бокового зазора зависит от прочности листа и от его толщины. Оптимальной считается такая величина, при которой трещины, расходящиеся от края внедряющихся ножей, встречаются кратчайшим путем. Слишком маленький зазор приводит к неровному резу. При этом увеличивается трение по краю листа и происходит более быстрое затупление ножей. А слишком большой — к появлению заусенцев на пластичном материале или к неровному резу

хрупких материалов. Вязкие хромо-никелево-стальные листы при слишком широком зазоре могут затягиваться в него.

При слишком узком боковом зазоре ввиду увеличенного трения и утяжки материала возрастает потребность в силе нажима. В том случае, когда боковой зазор между ножами относительно мал (меньше 3% толщины), на поверхности среза появляются характерные срывы. Появление таких срывов вызывает увеличение полного усилия резания на 10...15%. Как показывают опытные данные [2], увеличение бокового зазора между ножами в три раза (от 0,35 мм до 1,05 мм) вызывает увеличение полного усилия реза на 15%. Исходя из толщины листа, ножевой зазор берется в пределах 3...5 % от толщины листа, причем, для резки твердых материалов он устанавливается меньше, чем для мягких.

На сегодняшний день боковой зазор между ножами устанавливается оператором по таблицам, составленным по экспериментальным данным. В этих таблицах учитывается только разрезаемый материал и толщина разрезаемого листа. При этом не учитывается температура разрезаемого проката, что может приводить к снижению качества реза. Поэтому возникает необходимость в создании системы автоматической оптимизации бокового зазора. Кроме того, из-за больших распорных усилий при резе могут возникать деформации в станине ножниц, приводящие к увеличению бокового зазора, что препятствует использованию одних и тех же табличных данных для разных ножниц, разного проката и при разных температурах.

Автоматическая оптимизация бокового зазора производилась по усилию реза, которое при оптимальном зазоре минимально. Усилие может измеряться непосредственно встроенными в верхний нож мездозами или по моменту, развиваемому приводом, который может определяться косвенно по активному току двигателя. При использовании современных частотных преобразователей последний метод не требует больших затрат, т.к. в них встроена возможность получения активной составляющей тока.

При расчете усилия реза по моменту необходимо учитывать, что ножницы обладают сложной кинематикой, и момент зависит не только от силы реза, но и от положения механизма реза. Кроме того, необходимо учитывать, что сила реза зависит от ширины разрезаемого проката  $B$  (с увеличением которой она возрастает нелинейно), а также от угла врезания ножа  $\alpha$ , который в ножницах с катящимся резом из-за того, что движение ножа не является строго катящимся, является непостоянной величиной.

Механизм резания ножниц обладает переменным моментом инерции, изменения которого могут достигать 20—30%. Работа по преодолению активного статического момента сил, вызванного неуравновешенностью масс механизма резания, в целом за цикл реза равна нулю. Тем не менее, его величина может достигать до 5...10% от момента реза. Указанные выше особенности механизма могут неблагоприятно сказываться на нагреве двигателя, на его тепловых потерях. Поэтому при оптимизации они должны учитываться.

На первом этапе работы рассматривалась только оптимизация ножевого зазора. В дальнейшем будет выполнена оптимизация закона управления скоростью движения ножа. Для этого уже разработана математическая модель ножниц и подготовлена программа для моделирования в среде Matlab.

В результате проведенной работы были разработаны: алгоритм поиска оптимального зазора между ножами в зависимости от температуры и толщины поступающего проката и модель однокривошипных ножниц, предназначенная для моделирования в пакете Matlab. Эта модель будет использована для оптимизации закона управления главным приводом ножниц.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Адамович Р.А., Пальмин А.Д., Рогоза А.М., Рудельсон Л.М. Методика расчета ножниц с катящимся резом. Новые конструкции и исследования агрегатов и машин обработки проката. Сб. науч. трудов. Под ред. Попова Б. В. М.: 1985.

2. Носаль В.В. Исследование резания металлов на ножницах с наклонными ножами. Исследования металлургических машин. ЦНИИТМАШ, кн. № 27, Машгиз. 1949.
3. Крылов Н.И., Тарасов Б.М. Усилия резания металлов на ножницах. Труды ВНИИМетмаш. Сб. 27. М.: 1970.