

**Создание компьютерной модели валковой правки**

Студент Ветошкин А.В.

Научный руководитель - Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г. Минск

Для создания компьютерной модели правки строится многороликовая схема, в которой принимаются определенные допущения. Так, правильные валки принимаются как абсолютно твердые тела с целью уменьшения времени компьютерного расчета. Сама деталь принимается упруго-пластической. При решении трехмерных задач ОМД в большинстве случаев используются типы элемента Solid 164 и Shell 163.

Тип элемента Solid 164 применяется для деформируемой детали и представляет собой 8-и узловой объемный элемент. Тип элемента Shell 163 представляет собой 3-х или 4-х узловой трехмерный оболочечный элемент с возможностями определения мембранных свойств. Он применяется в нашей задаче для правильных валков.

Основными материалами для правки являются Сталь35 по ГОСТ 19282-73 и сталь 10ХСНД по ГОСТ19281-73, для которых принимаются следующие единые параметры с максимальным сопротивлением деформации: модуль Юнга 210000 МПа, коэффициент Пуассона 0,3, плотность 7850 кг/м<sup>3</sup>, предел текучести  $\sigma_T=390$  МПа, предел прочности для листов и полос в состоянии поставки  $\sigma_B=530$  МПа, относительное удлинение  $\delta=19$  %. Согласно полученным данным строится модель упрочнения материала. При решении трехмерных задач ОМД применяется билинейная изотропная модель для описания упругопластических деформаций (рисунок 1). Кривая модели состоит из двух элементов - упругой составляющей и пластической составляющей.

Билинейная модель может быть изотропная и кинематическая. Эти модели отличаются наличием/отсутствием учета эффекта Баушингера.

При определении модуля пластичности нужно учесть, что расчет необходимо вести в истинных (лагранжевых), а не в инженерных параметрах. Изотропное упрочнение подразумевает, что поверхность текучести равномерно расширяется во всех направлениях.

Если металл подвергнуть пластической деформации одного знака, то при перемене знака обнаруживается понижение предела текучести. Разница между пределами текучести растяжения и сжатия, равная  $2\sigma_y$ , остается постоянной. Это свойство и называется эффектом Баушингера. В нашей компьютерной модели на данном этапе он учитываться не будет, что скорее всего в дальнейшем даст завышенные результаты расчета.

Скорость вращения правильных валков должно обеспечивать скорость металла  $v=100$  мм/с. Коэффициент трения  $\mu$  в различных источниках применяется различный (0,3-0,7). В нашем случае он будет составлять 0,4. В данном случае правке подвергался материал толщиной  $h=10$  мм и шириной  $B=50$  мм. Результаты моделирования компьютерной модели представлены на рисунках 3-8. Для сравнения рассматривались 2 случая правки 13-ю валками диаметром  $D=96$  мм с межосевым расстоянием между валками  $t=100$  мм. В первом случае приводными были 11 валков (6 верхних и 5 нижних), во втором случае приводными были только 7 нижних валков. Использовалась в 2-х случаях одинаковая схема с наклонным расположением валков (см. рисунок 2). Максимальный прогиб на 2-м валке по предварительным расчетам составил 1,3 мм, который равномерно уменьшается к ролику №12.

На рисунке 3 можно наблюдать увеличение эквивалентного напряжения по Мизесу к концу правки, не смотря на уменьшение прогибов, что связано с упрочнением металла. Данные указаны в Па. На рисунке 4 указаны силы, действующие на оси валков в вертикальной плоскости. Конкретный график силы по 3-му валку (см. рисунок 2) в течение операции правки рассмотрим на рисунке 5. Усилие стабильно в течение установившегося процесса операции 5 кН.

Далее было проведено моделирование с целью сравнить результаты анализа с приводом только на нижние 7 валков. Ниже на рисунках 6 - 8 приведены полученные результаты. Начальные условия прежние.

#### Анализ результатов:

Сравнивая два одинаковых процесса можно заметить, что большой разницы нет. Усилия, действующие на валки, те же, скорость та же. Но тем не менее максимальные напряжения, эквивалентная пластическая деформация и общая энергия деформации немного меньше в случае с меньшим количеством приводных валков. После многократных исследований был сделан вывод, что настройка валков по скоростям будет играть определенную роль, т.к. при не достаточно точной настройке сами валки будут оказывать определенное сопротивление, тем более, что при правке металл несколько удлиняется.

Рассматривая напряженно-деформированное состояние (см. рисунки 3 и 6), можно отметить, что с постепенным уменьшением перегибов валков от начала к концу напряжение на изгибах не уменьшается, а даже возрастает. Это происходит по-видимому из-за постоянного упрочнения металла. Из рисунков 4 и 7 явно видно, что усилие на валки, а, следовательно, и крутящий момент не уменьшаются до валка №9. Так же моделирование показало, что схему расчета усилий изгибающего момента на валки лучше считать по схеме заземленной с 2-х сторон балки. Результаты изгиба заготовки показал практически те же реакции валков, что и при правке (см. рисунки 5 и 8). Результаты моделирования дают несколько завышенные результаты по сравнению с другими методиками. Также можно отметить, что распределение моментов по отдельным валкам доказывает важную роль необходимости более точной регулировки скорости каждого валка (в процессе металл может удлиняться) с целью правильного использования доступной мощности оборудования.

#### Заключение:

Изучение теории правки отстает от изучения других процессов ОМД, например, прокатки, что вызвано необходимостью учета множества явлений, протекающих в металле, подвергающемся знакопеременному нагружению с уменьшающейся амплитудой (взаимодействие упругой и пластической деформации, эффект Баушингера и пр.). В данном процессе присутствуют условия, как затрудняющие правку (упрочнение), так и облегчающие (эффект Баушингера). Все это может давать довольно большие отличия в результатах расчетов, выполненных по различным методикам. Для различных материалов по всему спектру толщин настроечные числа наладки валков, обеспечивающих правку, могут отличаться значительно. К этому необходимо добавить расчет возможности начального захвата полосы. Поэтому для любого оригинального станка требуется создание корректной компьютерной модели с учетом как можно большего числа необходимых параметров.