

## Исследование процесса прокатки в геликоидальных валках

Губанова Н. В.

Россия, ИМЕТ РАН, [nataliagubanova@yandex.ru](mailto:nataliagubanova@yandex.ru)

Развитие современной техники, в первую очередь, авиационной, машиностроения и энергетики, приводит к потребности в материалах с повышенными физико-механическими свойствами. Для металлических материалов улучшение физико-механических свойств может быть достигнуто за счет пластической деформации с высокими степенями обжатий, которые достигаются за счет применения специальных калибровок прокатных валков.

Разработка новых видов калибровок прокатных валков вызвана, с одной стороны, необходимостью максимального приближения конфигурации заготовки к форме изделия с целью повышения коэффициента использования металла. С другой стороны, потребностью в материалах с явно выраженной структурной неоднородностью, достигаемой за счет деформации не по всему объему, а локально, на отдельных участках, и существенно улучшающей физико-механические характеристики металлопродукции. Так получение листового материала с применением специальных валков позволило повысить ударную вязкость материала по ширине листа [1].

В работе [1] применили валки с кольцевыми проточками (рис.1) с целью разбивки ширины листа. При этом прокатку в валках с кольцевыми проточками чередовали с прокаткой на гладкой бочке. Наряду с увеличением ширины заготовки происходило повышение ударной вязкости в поперечном направлении. Авторы объясняют это формированием менее выраженной волокнистой структуры и ферритно-перлитной полосчатости, изменением формы неметаллических включений и кристаллографической текстуры.

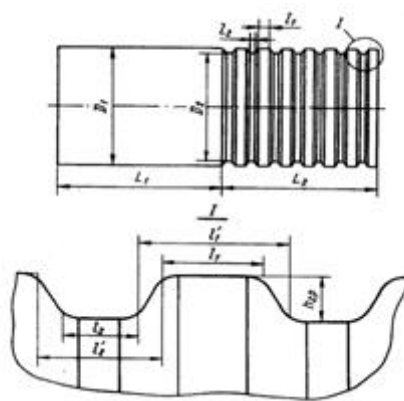


Рис.1. Схема валка с кольцевыми проточками.

Таким образом, использование целенаправленной неравномерной деформации, в заготовке можно создать зоны с повышенными прочностными свойствами при сохранении пластических свойств материала в целом и, тем самым, получить материал с повышенными механическими характеристиками.

В данной работе предлагается новая профилировка поверхности бочки валка, суть которой состоит в создании на теле валка выступов и впадин, направленных по спирали. Такая геликоидальная калибровка валков позволит деформировать заготовки на отдельных участках под любым углом к направлению прокатки. В данном случае под углом  $45^\circ$ , как показано на рис.4.

Технологический процесс с таким своеобразным очагом деформации, каким обладает прокатка в геликоидальных валках, приводит к необходимости всестороннего изучения напряженно-деформированного состояния, энергосиловых и геометрических параметров деформации.

Моделирование производилось в программе DEFORM-3D.

Решение задачи прокатки в геликоидальных валках рассматривается при условии, что заготовка является пластичной средой, а геликоидальные валки жесткой, при односторонней и разносторонней ориентации клина спирали (рис.2-3). В качестве модельного материала образца размерами  $60 \times 10 \times 100$  мм взят алюминиевый сплав марки АД. В ходе моделирования рассмотрены три скорости вращения валков  $v = 1$  рад/с,  $2$  рад/с и  $4$  рад/с при глубинах внедрения клина спирали  $H_{вн}$  равных  $2$  мм,  $2,5$  и  $3$  мм. Трение по поверхности контакта  $K_{тр}$  принято равным  $0,25$ , а материал образца - изотропным.

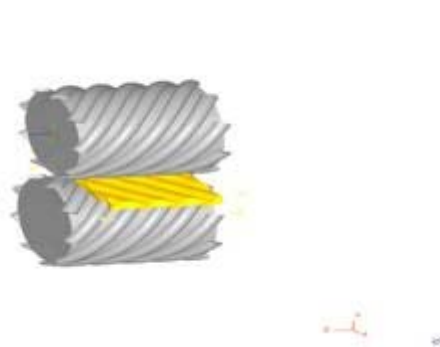


Рис.2. Геликоидальные валки с односторонней ориентацией клина спирали.

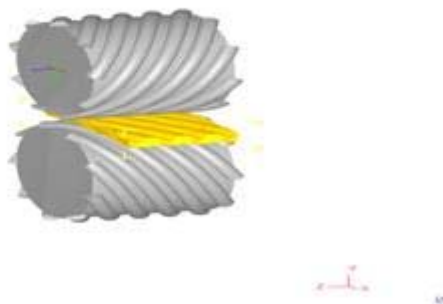


Рис.3. Геликоидальные валки с разносторонней ориентацией клина спирали.

Генерация произвольной сетки, используемой при решении данной задачи, сформировала 30000 конечных элементов с минимальным размером в  $1$  мм. Численные расчеты производились из условия текучести Мизеса.

Проанализировав построенные модели, было установлено, что при прокатке в геликоидальных валках вне зависимости от ориентации клина спирали, для глубин внедрения равных  $2$  и  $2,5$  мм, полоса не смещается по длине бочки, а идет строго перпендикулярно оси валка и находится на

одном месте от захвата до выхода из валков. Для глубины внедрения клина спирали равной 3мм происходит незначительное смещение (3-5мм) образца в перпендикулярном направлении, т.е. вдоль оси валка (рис.18), причем, как показало моделирование, это смещение увеличивается с увеличением скорости вращения валков.

В ходе исследования была выявлена, во-первых, независимость интенсивности деформаций и напряжений, усилия прокатки (под усилием тут подразумевается сила, с которой заготовка давит на валки в ходе прокатки) и крутящего момента от скорости вращения валков, в диапазоне исследуемых скоростей. Во-вторых, увеличение этих параметров с возрастанием глубины внедрения клина спирали.

Примечательно, что при прокатке в валках с геликоидальной профилировкой угол захвата составляет  $13^{\circ} - 15^{\circ}$ . Это объясняется тем, что в начальный момент контакт заготовки с валками происходит в 8 точках, а процесс прокатки фактически является процессом “внедрения клина”, т.е. происходит увеличение величины деформации, и, как следствие, увеличение угла захвата.

После первого прохода на заготовке появляются параллельные упроченные полосы под углом  $45^{\circ}$  (рис.4), далее производится кантовка на  $180^{\circ}$  и повторный проход. В результате возникают полосы, пересекающие друг друга (рис.5).



Рис.4. Внешний вид образца после прокатки в геликоидальных валках.



Рис.5. Внешний вид образца после кантовки на  $180^{\circ}$  и повторной прокатки в геликоидальных валках с разносторонней ориентацией клина спирали.

Для выявления особенностей процесса деформации, возникающих в ходе прокатки после кантовки заготовки, была проанализирована модель представленная на рисунке 6, для значения скорости вращения валков  $v$  равной 2 рад/с, и с разносторонней ориентацией клина спирали.

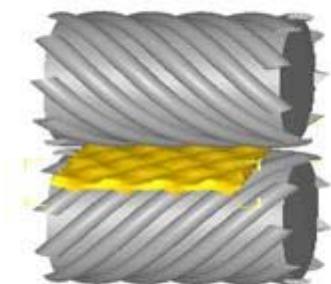


Рис.6. Повторный проход после кантовки заготовки на  $180^\circ$

Произведенные исследования показали, что интенсивность деформаций и напряжений, усилие прокатки и крутящий момент практически не меняют своей величины после кантовки и повторного прохода.

#### ВЫВОДЫ:

1. В ходе моделирования выявлено, что при прокатке в геликоидальных валках полоса не смещается по длине бочки, а идет строго перпендикулярно оси валка и находится на одном месте от захвата до выхода из валков.
2. При прокатке в геликоидальных валках была получена заготовка с перекрещивающимися упрочненными участками. Таким образом, был получен материал с повышенными прочностными свойствами.

#### Литература

1. Долженков Ф.Е., Коновалов Ю.В., Носов Г.Н. и др. Повышение качества толстых листов. М., Metallurgia, 1984г, 247с.

Выражаю благодарность научному руководителю Юсупову В.С., а также сотрудникам лаборатории №15 Карелину Ф. Р. И Чопорову В. Ф.