

О возможностях роторно-винтовой технологии получения прутков и проволоки, основанной на принципах электростимулированной деформации металлов

К. М. Климов, И. И. Новиков

Приведены данные о возможностях роторно-винтовой технологии получения длинномерных изделий типа прутков и проволоки, основанной на использовании принципов электростимулированной деформации металлов, главные из которых: отсутствие деформационного упрочнения металлов при пластической деформации в холодном состоянии, снижение сил контактного трения между рабочим инструментом и заготовкой, а также подавление дефектов типа расслоя и микротрещин. Обоснованы альтернативные пути получения прутков и проволоки без использования традиционных процессов волочения. Подчеркиваются преимущества новых подходов.

Металлические прутки и проволока широко применяются как в виде готового продукта, так и в виде заготовок для производства деталей машин и приборов, например, проволочно-кабельного производства и др. Прутки и проволока изготавливается в широком ассортименте из различных металлов и сплавов с различными механическими и физико-химическими свойствами. Для каждого вида и размера продукции используется определенная технология и соответствующее оборудование [1, 2].

Исходной заготовкой прутков и проволоки является катанка, диаметр которой в зависимости от материала варьируется от 5 до 16 мм. Катанка изготавливается методами прокатки, а проволока, как правило, методами волочения.

Процесс волочения сопровождается как изменением геометрических размеров и формы заготовки, так и существенными изменениями физико-механических свойств и структуры обрабатываемого металла. Степень влияния деформации при волочении на физико-механические свойства во многом зависит от свойств металла, величины деформации и других причин. Можно выделить общие тенденции этого явления:

а) повышаются прочностные характеристики (предел прочности, предел текучести и твердость);

б) снижаются пластические свойства, в основном, неравномерно (относительное сужение, относительное удлинение, число перегибов и скручиваний);

в) плотность металла незначительно повышается (0,5–1,0 %);

г) антикоррозионная стойкость металла несколько снижается;

д) возрастает электрическое сопротивление (например, у сталей аустенитного класса рост составляет до 30 %);

е) изменяются магнитные свойства металла.

Процесс волочения чрезвычайно трудоемок и требует больших энергетических затрат, хотя по принципу действия и исполнения весьма распространен. Имеются принципиальные неустраняемые недостатки традиционного процесса волочения, главные из которых:

1. Величина единичного обжатия как по диаметру, так и по поперечному сечению весьма ограничена. В лучшем случае она составляет не более 15–20 %. Это условие вытекает из соблюдения неравенства

$K_B < \sigma_T$, где K_B — величина напряжения, а σ_T — предел текучести.

2. Потребность в многочисленных стадиях волочения, и неизбежных процессах отжига. Температура отжига, например, для различных сталей и диаметров проволоки в безокислительной атмосфере составляет $\sim 700 - 800^\circ\text{C}$, а общая продолжительность отжига достигает 6 – 12 часов, что увеличивает удельные энергетические затраты.

3. Специфика напряженного состояния и пластической деформации металла в волочильном инструменте такова, что приводит к появлению внутренних дефектов типа расслоя, особенно при обработке тугоплавких и труднодеформируемых металлов и сплавов [3, 4].

4. Число промежуточных барабанов может достигать более 10. Достаточно сложна процедура заправки заостренных концов заготовки в волочильный инструмент [1 – 4].

Указанные проблемы решаются путем использования альтернативных способов обработки металлов давлением. Для получения прутка круглого или другого сечения заданного размера широко используется схема с двумя и более приводными роликами, имеющими на рабочей поверхности ручей заданного профиля и размера. На рис. 1, 2 представлены варианты схем с тремя и четырьмя приводными роликами для получения заготовок в виде прутков круглого, треугольного, квадратного и т.д. сечений.

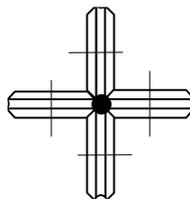
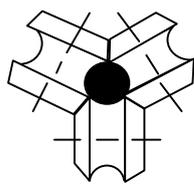


Рис.1. Схемы прокатки прутков: а — трехроликовая; б — четырехроликовая

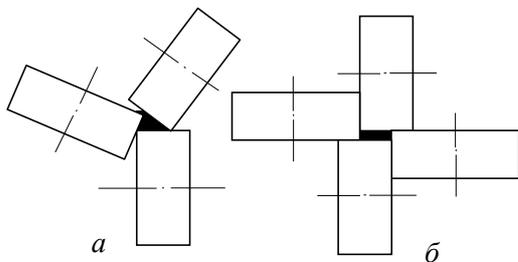


Рис.2. Схемы прокатки прутков трехгранного (а) и прямоугольного (б) сечений с помощью подвижных вращающихся роликов.

Интересными представляются схемы (рис.2) для получения трехгранника или прямоугольника с помощью калибров закрытого типа переменного сечения как по форме, так и по размерам. Это достигается с помощью схем, состоящих из трех или четырех роликов, имеющих степень свободы по взаимному перемещению. В случае а один из вращающихся роликов имеет неподвижную ось вращения, два других имеют возможность взаимного перемещения в определенных пределах. В случае б ось одного из четырех роликов имеет фиксированное положение, а три других ролика могут перемещаться, не открывая замкнутый контур калибра, создавая профили прямоугольного, квадратного и ленточного типа. На рис.3 представлена схема установки для получения прутков и проволоки способами активной обкатки заготовок тремя вращающимися роликами специальной формы и профиля рабочей поверхности.

Вышеуказанные схемы хорошо известны, но приобретают новые возможности благодаря использованию принципа электростимулированной деформации. Для его реализации предусмотрены специальные устройства и узлы, позволяющие подавать электрические токи высокой плотности в очаг деформации, а также системы эффективного охлаждения.

Согласно теоретическим и экспериментальным данным [5 – 8], при пропускании электрического тока высокой плотности между инструментом и заготовкой, с одновременным охлаждением металла в

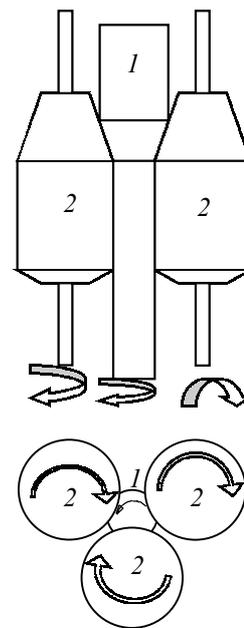


Рис.3. Обкатка круглой заготовки (1) тремя вращающимися роликами (2).

очаге деформации, во-первых, повышается степень единичного обжата металла заготовки без появления традиционного деформационного упрочнения (наклепа). Это позволяет сократить число проходов и исключить операции отжига. Во-вторых, силы трения в контактной зоне между инструментом и заготовкой резко снижаются, что позволяет ослаблять скручивающие усилия, действующие на заготовку при её обработке вращающимся инструментом.

В представленных вариантах опущены технические и конструкционные подробности, связанные с электромеханическим приводом к рабочему инструменту, способами подачи электрического тока, способами отвода тепла из очага деформации. Цель данной работы — привлечь внимание к проблеме разработки принципиально новых способов обработки длинномерных изделий типа прутков и проволоки, отличных от традиционных способов волочения.

Преимуществом данной технологии является ее высокая производительность, во-первых, за счет повышения степени обжата за каждую ступень прохода и, во-вторых, практически устраняются термические обработки, в связи с отсутствием деформационного упрочнения. В-третьих, величина электрического тока, подаваемого в очаг деформации, относительно невелика, вследствие малой площади фактического касания инструмента и заготовки, поэтому потребляемая энергия относительно небольшая. И, наконец, в-четвертых, новый

метод создает возможности резкого повышения качества производимой продукции.

Оценки показывают, что объем металла, обработанный в единицу времени новым методом электростимулированной деформации, увеличивается в десятки раз, а удельные расходы энергии, соответственно, уменьшаются.

Литература

1. Перлин И. Л., Ерманок М. З. Теория волочения. М.: Металлургия, 1971, 448 с.
2. Горловский М. Б., Меркачев В. Н. Справочник волочильщика проволоки. М.: Металлургия, 1993, 336 с.
3. Коликов А. П., Полухин П. И., Крупин А. В. и др. Технология и оборудование для обработки тугоплавких металлов. М.: Металлургия, 1982, 328 с.
4. Савицкий Е. М., Бурханов Г. С. Металловедение тугоплавких металлов. М.: Наука, 1967, 324 с.
5. Климов К. М., Новиков И.И. Особенности пластической деформации металлов в электромагнитном поле. Докл. АН СССР, 1980, т.253, №3, с.603 – 606.
6. Климов К.М. Электростимулированная ручьевая прокатка труднодеформируемых металлов и сплавов. Metallurg, 1996, №5, с.14 – 15.
7. Климов К.М., Новиков И. И. О перспективах развития методов электростимулированной прокатки металлов. Металлы, 2004, №3, с.45 – 50.
8. Климов К.М. Возможности электростимулированной прокатки металлов. Metallurg, 1997, №4, с.29 – 33.

***Климов Константин Михайлович** — Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН, доктор технических наук, главный научный сотрудник. Специалист в области разработки и исследования новых процессов обработки металлов давлением.*

***Новиков Иван Иванович** — Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН, академик, советник РАН. Ведущий специалист в области теплофизики, фазовых переходов в твердых, жидких и газообразных средах, новых процессов в обработке металлов и др..*